



**Mémoire de fin d'études présenté pour l'obtention du Diplôme de Master
Agronomie et Agroalimentaire**

**Spécialité : Systèmes et Techniques Innovants pour un Développement Agricole
Durable (STIDAD)**

Parcours : Agronomie et Systèmes de Culture Innovants (ASCI)

**Évaluation de la répartition spatiale de l'infestation d'une parcelle de tomate
(*Lycopersicum esculentum* Mill) par la noctuelle *Helicoverpa zea* (Lepidoptera :
Noctuidae) en présence d'une bordure de maïs (*Zea mays*).**

Par

Andrus Maurice LOUISSAINT

Année de soutenance : 2012

Organisme d'accueil : CIRAD



**Mémoire de fin d'études présenté pour l'obtention du Diplôme de Master
Agronomie et Agroalimentaire**

**Spécialité : Systèmes et Techniques Innovants pour un Développement Agricole
Durable (STIDAD)**

Parcours : Agronomie et Systèmes de Culture Innovants (ASCI)

**Évaluation de la répartition spatiale de l'infestation d'une parcelle de tomate
(*Lycopersicum esculentum* Mill) par la noctuelle *Helicoverpa zea* (Lepidoptera :
Noctuidae) en présence d'une bordure de maïs (*Zea mays*).**

Par

Andrus Maurice LOUISSAINT

Année de soutenance : 2012

**Mémoire préparé sous la direction de :
Jacques WERY**

Présenté le : 28 août 2012

Organisme d'accueil : CIRAD

Devant le jury :

Brigitte BRUNEL : Président

Nathalie SMITS : Rapporteur

Maître de stage : Béatrice RHINO

RÉSUMÉ

En Martinique, la production de la tomate est confrontée à certains problèmes phytosanitaires, plus particulièrement aux dommages causés par la noctuelle *Helicoverpa zea*. Les dommages qu'elle engendre orientent les producteurs vers l'usage intensif d'insecticides. Cependant la lutte chimique se révèle inefficace. L'objectif de cette étude consiste à évaluer le niveau d'infestation des plants d'une parcelle de tomate par *Helicoverpa zea* en fonction de leurs distances à une bordure de maïs afin d'optimiser la disposition spatiale du maïs comme plante piège afin de réguler les populations de ce ravageur dans la tomate. Deux parcelles ont été implantées dans deux sites éloignés (sites1 et 2). Le dispositif a été constitué d'une bordure de maïs placée à côté d'une parcelle de tomate, a été constituée de deux variétés sucrées de cycles différents, plantées en six lignes au cours de trois dates à intervalle de 15 jours. L'infestation représentée par le nombre d'individus qui est constitué d'œufs et de néonates, a été déterminée sur les épis, et dans la parcelle de tomate à des distances de 1,2,3,4,5,6, 7,8,9, 10, 15,20,25,30,25,40,50,60 mètres. Les résultats montrent que dans les parcelles de tomate des deux sites, l'infestation est influencée par l'interaction de la floraison du maïs et de celle de la tomate. Dans le site1, l'infestation décroît avec la distance, tandis que dans le site2 la distance n'a aucun effet sur la distribution de l'infestation. De plus la bordure absorbe une partie de l'infestation due à *Helicoverpa zea*.

Ce système à caractère innovant peut servir de base dans la gestion de la noctuelle dans la production de la tomate en Martinique et dans la région caribéenne tout en réduction des pesticides chimiques.

Mots clés : *Helicoverpa zea*, plante piège, infestation, néonates, maïs, tomate, agroécologie, pesticides.

ABSTRACT

In Martinique, the tomato production is facing some pest problems, especially damage caused by moth *Helicoverpa zea*. The damages that it causes direct producers to the intensive use of insecticides. However, chemical control is ineffective. The objective of this study is to assess the level of infestation of plants with a tomato field by *Helicoverpa zea* according to their distances to the edge of corn to optimize the spatial arrangement of maize as a trap crop to control populations of this pest in tomato. Two plots have been established in two remote sites (sites1 and 2). The device was made a border of corn placed next to a tomato field was composed of two different cycles sweet varieties planted in six lines over three dates at intervals of 15 days. The infestation represented by the number of individuals which consists of eggs and hatchlings was determined on the ears, and in the tomato field at distances of 1,2,3,4,5,6, 7 , 8.9, 10, 15,20,25,30,25,40,50,60 meters. The results show that in tomato plots at both sites, the infestation is influenced by the interaction of flowering corn and the tomato. In site1, infestation decreases with distance, while in the site2 distance has no effect on the distribution of the infestation. In addition the edge absorbs some of the infestation caused by *Helicoverpa zea*.

This innovative system can serve as a basis in the management of the moth in tomato production in Martinique and in the Caribbean region while reducing chemical pesticides.

Key words : *Helicoverpa zea*, trap crop, infestation, neonates, corn, tomato, agroecology, pesticides.

REMERCIEMENTS

Je remercie tout particulièrement mon maître de stage Béatrice RHINO pour m'avoir encadré tout au long de ce stage, du temps qu'elle a mis à la réalisation de ce rapport.

Mes remerciements s'adressent aux membres de l'équipe du PRAM-CIRAD de la Martinique, en particulier les chercheurs Philippe RYCKEWAERT et Raphael ACHARD pour leurs soutiens; à Aude VERCHERE pour sa parfaite collaboration et son accompagnement dans l'exécution des travaux de terrain et de laboratoire; aux techniciens Alain PELAGE et Catherine THIBAUT pour leur support à la mise en place des expérimentations.

Je remercie tous les professeurs du parcours ASCI de SupAgro de Montpellier pour avoir contribué à ma formation, principalement Jacques WERY le Responsable de la formation, Allain CAPILLON et Aurélie METAY, Brigitte BRUNEL, Isabelle BASTIE.

J'adresse mes remerciements à tous mes camarades de la Promotion ASCI / PVD 2011-2012 pour leur parfaite collaboration et de m'avoir intégré dans le Master.

Je remercie Gelin DOREUS, Jodel AFRICOT, Jean Matus LUCIEN, plus particulièrement Elsa Laure Lyse PETER pour avoir mis à ma disposition ses matériels informatiques et pour son support moral.

Mes remerciements à l'Ambassade de France en Haïti, le décanat de la Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire (FAMV) de m'avoir permis de bénéficier de cette formation.

Je tiens à remercier ma famille qui m'a supporté par des mots d'encouragement : Monie, Réhou-Salem, Téhila-Salem, Marguerite, Sara et Rosemena LOUISSAINT, Ing.Agr Tescar Robers Pierre.

Enfin mes plus grands remerciements s'adressent à Dieu Jéhovah, pour la vie et la santé qu'il m'a accordées.

TABLE DES MATIÈRES

I-INTRODUCTION	8
1.1-CONTEXTE GÉNÉRAL ET PROBLÉMATIQUE	8
1.2-LA NOCTUELLE <i>HELICOVERPA ZEA</i>	9
1.3-GESTION AGROÉCOLOGIQUE DES BIOAGRESSEURS AÉRIENS	12
1.3.1-LES PLANTES PIÈGES	13
1.4.2-INTÉRÊT DU MAÏS COMME PLANTE PIÈGE DANS UN SYSTÈME HORTICOLE	14
II-MATÉRIEL ET MÉTHODES	15
2.1-MATÉRIEL VÉGÉTAL	15
2.2-DISPOSITIFS EXPÉRIMENTAUX	15
2.3-OBSERVATIONS ET MESURES	17
2.3.1-OBSERVATIONS SUR LA PHÉNOLOGIE	17
2.3.2- OBSERVATIONS SUR LES INFESTATIONS	17
2.5-AUTRES OBSERVATIONS	18
2.6-TRAITEMENT DES DONNÉES	18
III- RÉSULTATS	19
3.1- SITE1 (MORNE DES ESSES)	19
3.1.1-PHÉNOLOGIE DE LA BORDURE DE MAÏS ET DE LA TOMATE	19
3.1.2-DYNAMIQUE DE FLORAISON	19
3.1.3-INFESTATION DE LA PARCELLE DE TOMATE	20
FM : POURCENTAGE DE FLORAISON DU MAÏS	22
3.1.4-INFESTATION DE LA BORDURE DE MAÏS	22
3.1.5-FAUNE ENTOMOLOGIQUE AU NIVEAU DE LA TOMATE ET DE LA BORDURE.	24
3.2-SITE 2 (RIVIÈRE LÉZARDE)	25
3.2.1-PHÉNOLOGIE DU MAÏS ET DE LA TOMATE	25
3.2.2-DYNAMIQUE DE LA FLORAISON DE LA BORDURE	25
3.2.3-INFESTATION DE LA TOMATE	26
3.2.4-INFESTATION DE LA BORDURE DE MAÏS	27
3.2.5- FAUNE ENTOMOLOGIQUE AU NIVEAU DE LA TOMATE ET DE LA BORDURE.	28
3.3-DISCUSSION	29
IV-CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	32

AVANT-PROPOS

La pollution et l'agriculture

Parmi les voies de pollution de l'environnement, les activités de l'industrie agricole ne font pas exception. Chaque année, des milliers de tonnes d'intrants chimiques (engrais, pesticides) sont utilisés dans l'agriculture intensive. L'objectif de l'utilisation intensive des engrais et des pesticides chimiques parfois de manière même abusive est de maximiser les rendements et la productivité au niveau des parcelles cultivées. Contrairement à certains avantages, les effets négatifs sont énormes, ces produits chimiques tendent à détériorer la qualité de l'environnement (l'air, les eaux de surface, les nappes phréatiques, le sol), d'où ils représentent un danger pour la vie humaine et les animaux.

« Ces pesticides posent un véritable problème de santé publique, et pas seulement pour les utilisateurs qui sont les plus exposés, mais aussi pour la population générale. Les pesticides sont bien sûr présents dans nos aliments: plus de 50% des fruits et des légumes produits par l'agriculture intensive en contiennent. Ils finissent finalement dans nos organismes qui hébergent ainsi des centaines de molécules toxiques ».

Bon nombre de pesticides chimiques utilisées en agriculture ont un large spectre, c'est-à-dire ils ne sont pas spécifiques à une espèce cible mais ils peuvent détruire non seulement le pathogène ou le ravageur pour lequel ils ont été utilisés mais aussi ils éliminent la faune utile (les abeilles, les prédateurs, les parasitoïdes des insectes phytophages, oiseaux, les vers de terre). L'épandage répétitif de l'engrais chimique exerce affecte négativement la qualité des sols en les rendant acide; l'eutrophisation des eaux par accumulation de matière carbonée, azotée et/ou phosphatée dans une eau stagnante, entraînant d'abord une prolifération végétale et aboutissant finalement, après la mort et la dégradation des végétaux, à la désoxygénation du milieu. L'infiltration des résidus des polluants dans le milieu aquatique tend à contaminer les nappes phréatiques. Le problème devient crucial et l'environnement est de plus en plus vulnérable.

Les moyens alternatifs pour solutionner à moyen ou à long terme aux problèmes de pollution agricoles ne sont pas nouveaux. Il s'agit en effet d'utiliser les fertilisants organiques dont le compost, le fumier, les engrais verts en remplacement des engrais chimiques. La culture des légumineuses seules ou en association avec d'autres cultures permet un enrichissement en azote par fixation atmosphérique. La pratique de la jachère peut permettre au sol de rétablir naturellement sa fertilité.

Quand à la protection phytosanitaire, la lutte biologique par usage des prédateurs et parasitoïdes peut contribuer à réduire les effets négatifs de la pollution. D'autres pratiques agricoles comme la prophylaxie sanitaire des parcelles, la rotation et l'assolement des cultures sont autant de mesures capables d'atténuer la pollution agricole. D'ailleurs l'agriculture biologique répond à l'application de ces techniques.

Ces mesures envisagées ne sont pas tout à fait envisageables sur de grandes surfaces cultivées, puisque la capacité de production des grandes exploitations agricoles va être limitée. Ainsi d'autres mesures doivent être envisagées.

I-Introduction

1.1-Contexte général et problématique

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) compte parmi les cultures légumières les plus importantes du monde (Shankara Naika, 2005). Selon le Fond des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), elle occupe la première place dans la production maraîchère après la pomme de terre et elle est cultivée dans plus de 170 pays. En 2009, la production mondiale de tomates s'élevait à plus de 141 millions de tonnes métriques (Mt). Cette production continue d'augmenter tous les ans de plusieurs millions de tonnes, sans tenir compte des stocks issus des cultures vivrières (Viron N., 2010). Cependant, dans la région caribéenne, les producteurs de tomate sont confrontés à d'importantes pressions de bioagresseurs dans les plantations de tomate.

Aux Antilles françaises, notamment en Martinique, la production de la tomate a connu une diminution passant de 6700 tonnes en 2002 à 5720 tonnes en 2009 suite aux problèmes phytosanitaires, plus particulièrement aux dommages causés par les ravageurs *Helicoverpa zea*, l'aleurode *Bemisia tabaci* communément appelé mouche blanche et aussi par le flétrissement bactérien dû à *Ralstonia solanacearum*. La noctuelle *Helicoverpa zea* peut engendrer des pertes de rendement de 10 à 20 % (données d'essais: citées par Marliac, 2011).

Les dommages causés par la noctuelle *Helicoverpa zea* de même que l'impact économique négatif sur la production de la tomate en Martinique sont autant de causes qui conduisent certains producteurs à abandonner la production ou à faire l'usage intensif d'insecticides dans leurs plantations (Metty, 2010).

Même avec des applications importantes de pesticides, les agriculteurs se heurtent à des obstacles dans la lutte contre ces organismes nuisibles, se trouvant ainsi dans l'incapacité à limiter leurs dégâts, et dans le même temps les risques de pollution restent importants, alors que le plan Eco-phyto 2018 vise une réduction des pesticides de moitié (Deguine J.P, 2008). Cette situation tend à rendre beaucoup plus fragile le système de production de tomate martiniquaise et aurait comme conséquence négative une diminution d'environ 30% des surfaces cultivées entre 2008 à 2010 soit de 340 ha à 240 ha (FAO).

Compte tenu de l'importante valeur économique de la tomate et des contraintes à la production liées au ravageur susmentionné, une nouvelle alternative de gestion phytosanitaire s'impose, et elle s'oriente vers la gestion agroécologique des bioagresseurs par la valorisation de la biodiversité végétale au niveau des parcelles cultivées. Ces travaux de recherche s'intègrent dans les différents travaux effectués par PRAM (Pôle de Recherche Agro-environnementale de la Martinique) et l'Unité de Recherche, UR Hortsys du CIRAD (Fonctionnement Agroécologique et Performance des Systèmes de Cultures Horticoles) dont le but est la valorisation de la diversité fonctionnelle pour réguler les populations de ravageurs aériens dans les systèmes de culture, en promouvant la conception de nouveaux systèmes innovants qui seraient capables de réduire l'emploi de pesticides chimiques.

Cette thématique de recherche a aussi été développée durant 3 ans dans le cadre du projet OMEGA3 (Optimisation des Mécanismes Ecologiques de Gestion des bioagresseurs pour une Amélioration durable de la productivité des Agrosystèmes) dont l'objectif était de fournir des outils et méthodes pour l'évaluation et la conception de systèmes de culture innovants fondés sur les principes de l'agroécologie et qui regroupait plusieurs sites d'études répartis en Afrique (Niger, Cameroun), dans la Caraïbe (Costa Rica, Martinique) et dans l'Océanie (Réunion, Madagascar). En Martinique, l'objectif de l'étude était l'optimisation de l'agencement spatial et de la phénologie du maïs comme plante piège pour la régulation des

populations et dégâts des noctuelles de la tomate en systèmes horticoles à la Martinique. La présente étude s'inscrit dans la suite des travaux réalisés en 2010 et 2011. Les précédents résultats ont montré que : i) en présence d'une bordure de maïs avec des soies fraîches l'infestation causée par *Helicoverpa zea* est plus réduite dans les parcelles de tomate situées à moins de 70m de la bordure ; ii) Sur 50m, les pontes de *H. zea* sur les plants de tomate diminue proportionnellement à la distance.

L'objectif principal de cette étude consiste à évaluer le niveau d'infestation des plants d'une parcelle de tomate par *Helicoverpa zea* en fonction de leurs distances à une bordure de maïs afin d'optimiser la disposition spatiale du maïs comme plante piège afin de réguler les populations de ces ravageurs dans la tomate. Les résultats de cette expérimentation seront pris en compte et utilisés dans la conception d'un modèle qui permettra de prédire le comportement de *H. zea* en fonction de la disponibilité de la ressource, de son agencement et de son attractivité.

Les questions scientifiques posées sont les suivantes :

Quel est l'impact d'une bordure de maïs sur la distribution spatiale des infestations des plants de tomate causées par *H. zea* ?

Quels facteurs influent sur les pontes de *H. zea* ?

1.2-La noctuelle *Helicoverpa zea*

La noctuelle *Helicoverpa zea* est un ravageur d'importance économique qui est présent dans toute la Caraïbe et sur tout le continent américain. *H. zea*, est considéré comme un ravageur important des cultures de la tomate, en raison des dommages directs causés au produit commercial (Ulloa, 2005). Cependant, il peut attaquer les cultures de tomate de la plantation à la maturité des fruits. La période la plus attractive pour la ponte des femelles est la période de floraison). Les dégâts enregistrés sur les cultures sont causés principalement par les larves. Sur la tomate, les néonates (premier stade larvaire) se nourrissent du feuillage pendant quelques jours avant de migrer dans les fruits. Même très tôt après éclosion, ils peuvent endommager les fruits au stade de la nouaison (Annexe A). Dans les fruits, les larves creusent des galeries, facilitant ainsi des infections secondaires par d'autres microorganismes provoquant un pourrissement. Une seule larve peut endommager plusieurs fruits avant la nymphose (Jhon et al., 1994). Sur le maïs, les larves des deux premiers stades tendent à consommer initialement les soies, tandis que les chenilles des autres stades pénètrent à l'intérieur de l'épi pour consommer les grains.

Plusieurs raisons peuvent expliquer son statut de peste majeur dans les systèmes de culture : sa polyphagie, sa migration, sa fécondité et sa diapause.

Il s'agit d'une espèce hautement polyphage qui se nourrit sur plus de 80 espèces végétales (plantes sauvages, cultivées et ornementales) dont la tomate, le maïs, le coton, le tabac, le soja, etc. (Fitt, 1989). Les populations peuvent se développer continuellement sur des périodes différentes en exploitant une succession de plantes hôtes cultivées et non cultivées à travers la saison.

H. zea est capable d'entreprendre de vastes mouvements migratoires au niveau local et interrégional pour faire face aux conditions défavorables du milieu à la recherche de ressources alimentaires (nectar) et pour la reproduction. Elle est dotée d'une très grande mobilité étant capable de parcourir de très grande distance, allant de 2 à 3 km en un jour (Kennedy et Storer, 2000), ce qui facilite sa migration entre les parcelles et entre régions.

Cependant dans un milieu favorable, *H. zea* ne se déplace que dans un rayon de 100m (Fitt, 1989).

Il possède une très grande fécondité. Au cours de son cycle de développement, la femelle peut pondre entre 500 à 3000 œufs (Capinera 2007). L'éclosion des œufs se fait 3-4 jours après la ponte. Les œufs sont très vulnérables aux conditions climatiques, à la prédation et au parasitisme. Ils sont sujets à un taux de mortalité naturelle très élevé, dépassant 90% (Sansone et Smith, 2001; Pustejovsky et Smith 2006). Les températures élevées (40°C) influencent négativement la fécondité (Fitt, 1989). Les travaux réalisés par Abdallah S. et Salama, A. E. (1975) ont montré que le régime alimentaire (qualité et quantité) des larves exerce une influence sur la fécondité des adultes. Ainsi, les larves qui se nourrissent de tomate ont donné au stade adulte une quantité d'œufs supérieure par rapport à celles qui se nourrissent de feuilles de haricot. Des résultats similaires ont été obtenus par Lukefahr et Martin (1964).

Le cycle biologique de *H. zea* se déroule en 28-30 jours et en conditions tropicales 10-11 générations peuvent se suivre par an (OEPP/CABI, 1996). Toutefois, Topper (1987) a mentionné que le régime alimentaire des larves peut exercer une certaine influence sur la longévité des adultes.

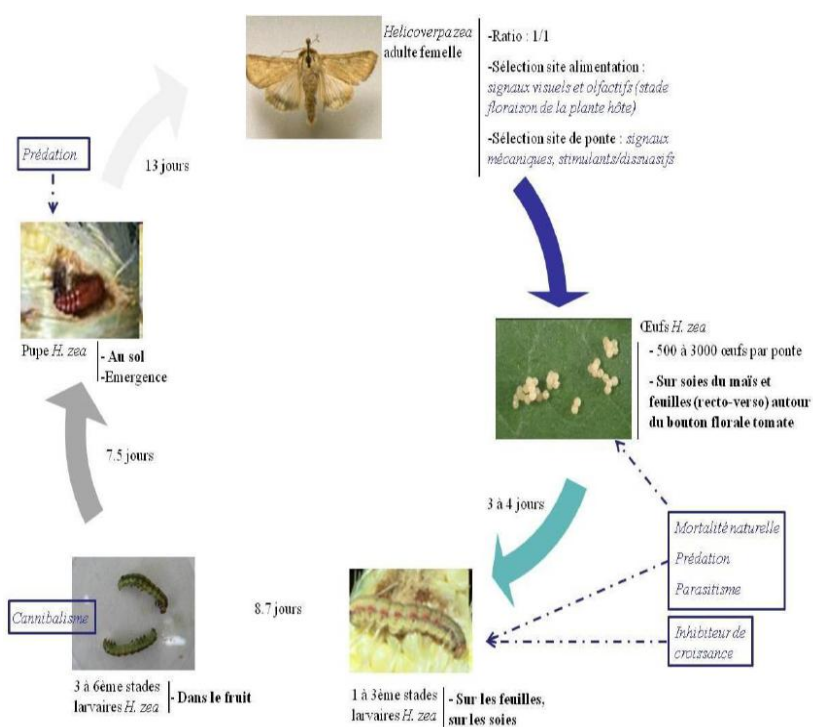


Figure-1 : Cycle biologique de *H. zea* et sa relation avec la plante hôte; cas illustré du maïs et de la tomate (Marliac, 2011)

Chez les larves de *H. zea* matures la couleur est très variable allant du jaune pâle vert et au brun (Breton, 2003). Leur développement passe par six stades et dure entre 14-25 jours (OEPP/CABI, 1996). Tout naturellement, à partir du quatrième stade, les larves deviennent très agressives et manifestent un comportement cannibale, où les chenilles les plus âgées attaquent et dévorent les plus jeunes (Dial et Adler, 1990). Arrivées au sixième stade, les

larves pénètrent dans le sol pour la nymphose, qui sous les tropiques dure 10-14 jours. Sa diapause qui peut être facultative définit l'apparition saisonnière de *Helicoverpa zea* dans des zones et contribue à maintenir les populations locales durant les périodes où les hôtes ne sont pas disponibles où les conditions ne sont pas favorables à la reproduction et à la survie des populations.

Dans les champs cultivés, la noctuelle dépose ses œufs séparément sur les organes de la plante-hôte. Selon l'espèce végétale, la ponte peut se faire sur différentes structures. Chez la tomate, les œufs sont déposés préférentiellement soit sur les deux faces des feuilles, notamment au niveau du tiers supérieur de la plante (Rodriguez, 1982), soit au niveau du calice ou de la corole des fleurs. Par contre chez le maïs, le dépôt des œufs se fait sur les soies fraîches (Rector et al., 2002).

Le comportement de ponte chez la noctuelle *Helicoverpa zea* est influencé par certains facteurs dont les signaux émis par la plante hôte. En effet, l'apparence physique et la composition chimique des feuilles ne sont pas négligeables. Pour Renwick (1995), les feuilles poilues (e.g tomate) et celles ayant une apparence rugueuse seraient un site préférable pour la ponte des adultes. Cette rugosité permettrait aux œufs de se fixer sur la structure de la plante. D'autres éléments biochimiques peuvent aussi exercer une certaine influence sur l'attitude de ponte. Par exemple, des substances ou composés non volatiles provenant du métabolisme secondaire de la plante hôte qui agissent comme des stimuli modifiants le comportement de ponte de l'insecte.

Chez la tomate, deux acides carboxyliques sesquiterpènes ont été identifiés en jouant positivement sur la ponte (Honda, 1995). De même chez le maïs, l'émission d'éthylène par les soies, induit la production de phéromone chez les femelles (Raina, 1992).

Enfin, les conditions nutritionnelles de la plante hôte peuvent aussi jouer sur le taux de ponte. Une plante fertilisée, présentant une bonne vigueur offrirait une émission plus importante de composés attractifs aux femelles; Firempong et Zalucki (1990) ont démontré que la quantité d'œufs d'*Helicoverpa zea* était plus importante sur les plants de maïs fertilisés que sur les plants non fertilisés.

Comme pour les œufs, les larves du premier stade (néonates) sont victimes de mortalité variant de 6-96% (Sarah Y. et al., 1987). Ces taux de mortalité dépendent d'un ensemble de facteurs biotiques (morphologie, glandes et/ou tissus de la plante hôte) et abiotiques (température, pluviométrie). Par exemple chez la tomate, les trichomes glandulaires secrètent des exsudats contenant des substances toxiques (acylglycosides, acide chlorogénique, rutine, tomatine) qui agissent comme insecticides qui sont capables d'inhiber le développement des larves (Duffey SS. 1986, Sarah et al., 1987).

La gestion de *H.zea* a été déjà abordé par certains chercheurs (Reed, W., 1982; Hearn, A.B. et Fitt, 1988). Cette gestion est basée sur plusieurs techniques dont la lutte chimique et biologique, les pratiques culturales et la gestion agroécologique.

Le contrôle chimique peut passer d'abord par le monitoring en utilisant des pièges lumineux (blacklight) et des pièges à phéromone permettent de déterminer un seuil d'émergence des papillons. En règle générale, la présence de cinq à 10 papillons a été jugée comme étant suffisante pour stimuler l'application des produits chimiques. Au Canada, les applications d'insecticides sont souvent faites à intervalle de deux à six jour. Le choix peut être orienté vers les pyréthrinoides (Hagerman, 1995). Les mesures de lutte chimiques sont très difficiles à mettre en œuvre puisque les larves vivent à l'intérieur des fruits attaqués et l'usage intensif de fortes doses de pesticides contribue à créer des souches de résistance chez la noctuelle (FAO, 1995).

En matière de lutte biologique, la bactérie *Bacillus thuringiensis* et les nématodes entomopathogènes qui sont disponibles dans le commerce, fournissent une meilleure atténuation des larves en développement. Les lâchées inondatives de *Trichogramma spp* ont permis d'obtenir un niveau de parasitisme important des œufs.

Les pratiques agricoles incluent entre autre la manipulation des dates de semis de la culture à protéger et de culture piège, la manipulation et destruction des hôtes alternes (Bradley, 1986). D'une manière générale les populations se développent d'abord sur les mauvaises herbes hôtes, puis se dispersent sur les cultures. Le traitement des mauvaises herbes par la tonte, les herbicides, les insecticides atténue grandement les dommages sur les cultures voisines.

Il est parfois possible de planter ou récolter suffisamment tôt afin de s'échapper aux pertes de production des cultures que peut causer *H. zea*. Le travail du sol peut réduire de façon significative le succès dans la métamorphose des pupes en papillon dans les parcelles. D'après certains organismes qui travaillent en Martinique sur la protection des cultures contre les bioagresseurs (FREDON, 2012), il n'existe pas de mesures culturales qui pourraient défavoriser l'installation et le développement de *H. zea* dans la culture de tomate.

Quant à la gestion agroécologique elle se réfère dans cette étude à l'utilisation des cultures pièges.

1.3-Gestion agroécologique des bioagresseurs aériens

De nos jours, le concept Agroécologie éveille l'attention de beaucoup de chercheurs dans la conquête de solutions à certains problèmes au niveau de l'agriculture, notamment à la lutte chimique contre les ravageurs des cultures. L'Agroécologie recherche au travers de pratiques agricoles diversifiées à optimiser les agro-écosystèmes (écosystèmes transformés par l'homme) en imitant les processus naturels, favorisant ainsi des interactions bénéfiques entre ses composantes.

Dans ce processus, l'introduction ou le maintien de la biodiversité des espèces végétales dans les agrosystèmes peu diversifiés peut contribuer à en améliorer leur fonctionnement sans recourir de façon permanente et massive aux pesticides de synthèse. La démarche agroécologique dans la protection des cultures pourrait passer par la mise en valeur de la biodiversité végétale spécifique et par la gestion des habitats. En effet, l'importance d'un tel aménagement tient en partie de l'hypothèse que la diversité des habitats favorise la multiplication de proies potentielles et donc l'abondance des auxiliaires (Altieri, M.A. et C. Nicholls, 2004).

En se basant sur des connaissances écologiques et agronomiques théoriques, on s'attend à un plus faible niveau de potentialité des ravageurs dans les agro-écosystèmes diversifiés avec une combinaison de cultures dans le temps et dans l'espace (Altieri and Letourneau, 1982, 1984). D'ailleurs, bon nombre d'études ont déjà démontré les effets positifs d'une diversité végétale sur le développement et l'activité des phytophages (Andow, 1991).

Le processus de diversification végétale met en évidence plusieurs mécanismes écologiques, dont :

L'effet Top Down, c'est lorsque des ravageurs de niveaux trophiques secondaires (insectes phytophages) sont supprimés par des ennemis naturels (de niveau trophique supérieur). Cette régulation est favorisée par la préservation dans l'agro-système des ennemis naturels des ravageurs.

L'effet Bottom-Up quand les populations de ravageurs sont contrôlées par des ressources. Cette régulation est favorisée par la gestion des habitats.

1.3.1-Les plantes pièges

L'utilisation d'une culture-piège implique la conduite d'une culture dans le temps et dans l'espace dans l'objectif de concentrer les ravageurs dans la culture piège au lieu dans la culture principale. Une telle technique est pratiquée depuis de longue date et a connu du succès dans le contrôle de certains insectes, comme par exemple *Lygus elisus* du coton en Californie, de *Nezara viridula* du soja (Newsom et Herzog, 1977). Elle constituerait ainsi un moyen efficace pour lutter contre la noctuelle *Helicoverpa zea* dans le système de production de la tomate martiniquaise.

Les cultures pièges doit d'être plus attractives que la culture principale. Cette différence d'attractivité peut être réalisée soit par l'usage d'espèces ou de cultivars plus attractifs pour l'insecte que la culture principale, les deux croissent en même temps, soit par l'usage de plants de la culture principale, plantés à des dates différentes pour être au stade le plus attractif, au moment critique du contrôle du ravageur, quand les autres plantes de la culture principale ne sont pas encore attractives (Hokkanen, 1991).

La valorisation des plantes pièges dans le contrôle des ravageurs des cultures offre de multiples avantages. Ces avantages peuvent être au niveau environnemental, sanitaire, économique et technique.

Sur le plan environnemental l'utilisation d'un système de culture piège permet la réduction de la pollution, en diminuant la quantité de pesticides habituellement utilisée.

Au niveau sanitaire on pourrait aboutir à la production de denrées agricoles saines destinées à la consommation en limitant les résidus des produits phytosanitaires et l'absence de mycotoxines.

L'application d'un système de piégeage peut permettre aux agriculteurs de bénéficier d'une réduction du coût d'achat et des opérations de traitement par les insecticides. Le fait même que cette technique de lutte permet aux producteurs de réduire les applications de pesticides, elle offrirait également la possibilité de s'écarter aux risques de résistance des ravageurs aux produits phytosanitaires souvent enregistrés.

Bien que l'utilisation des cultures pièges puisse se révéler importante dans le contrôle de bioagresseurs au niveau des cultures, son application pouvant conduire à des résultats prometteurs se heurte à certaines contraintes.

Dans de nombreux cas, les cultures à protéger sont attaquées par un complexe de ravageurs alors que les cultures pièges ont tendance à être relativement spécifique à une espèce de ravageur. Certaines considérations agronomiques et logistiques associées à la mise en œuvre des cultures pièges, telles que les dates de semis et les besoins en fertilisants de la culture piège et de la culture principale, sont également de nature à limiter la mise en application de cette technique de lutte. La mise en pratique des cultures pièges fait appel à un très bon niveau de connaissances sur les insectes, à savoir leur bioécologie, leur attractivité par les plantes hôtes et l'agencement spatial et temporel des cultures afin de maximiser leur efficacité. Or l'acquisition de ces savoirs fait appel à des travaux de recherches avancées, donc pas toujours accessible aux agriculteurs. Enfin, il pourrait y avoir des cas dans lesquels les cultures pièges peuvent devenir source d'infestation pour la culture principale si elles abritent certains insectes et agents pathogènes qui pourraient être nuisibles à la culture principale.

D'après Shelton (2006), les succès obtenus avec les cultures pièges dans le contrôle de certains insectes sont variables, donc ce qui aurait augmenté le risque de perte économique pour le producteur.

Etant donné qu'une culture piège a aussi coût d'entretien, son utilisation peut être optimisée

si elle peut être utilisée à des fins supplémentaires, telles que la consommation humaine, l'alimentation animale, ou comme engrais vert, ou si elle peut servir d'habitat pour les ennemis naturels utiles dans les cultures voisines.

1.4.2-Intérêt du maïs comme plante piège dans un système horticole

Le maïs a été déjà utilisé comme plante piège dans certaines cultures pour contrôler les populations de la noctuelle *Helicoverpa zea* (cas du soja en Maryland aux Etats Unis) (Tipping et al., 2005) et de la mouche du melon *Bactrocera cucurbitae* (Ebeling et al., 1953, Nishida et Bess 1957). Le maïs est connu comme l'hôte préférée et hautement attractif pour *Helicoverpa zea* (Jhonson et al., 1975, Fitt, 1989) particulièrement lors de l'apparition des soies fraîches qui produisent des composés attractifs et aussi comme nourriture (Nishida & Banput 1974; Jhonson et al., 1975). Les soies du maïs émettent un complexe de substances volatiles attractifs pour la noctuelle, un complexe de phenylacetaldehyde et de butanol (Cantelo et Jacobson, 1998).

Le maïs offre également l'avantage d'une émission des substances volatiles au moment de la floraison qui le rendent attractif aux ennemis naturels de *Helicoverpa zea* (prédateur et ou parasitoïdes) notamment *Coleomegilla maculata*, son prédateur potentiel dans la culture de maïs (Ruther et Kleier, 2005).

En Martinique, le maïs est une espèce qui n'a aucune importance économique et est très peu cultivé sur le territoire (Marliac, 2011), il peut être bien utilisé comme plante de service dans la lutte contre la noctuelle de la tomate.

II-Matériel et Méthodes

Deux expérimentations en plein champ ont été réalisées dans deux sites différents, et conduites suivant un même protocole. Ces deux sites se distinguent par des conditions pédoclimatiques et agroécologiques différentes (Annexe B).

Site1: C'est une ferme agricole localisée à Morne des Esses (Latitude 14°43'60N, Longitude 61°1'0W, Altitude moyenne 139 mètres) dans la commune de Sainte Marie au Nord d'Est de la Martinique. La parcelle est située sur une colline (bien exposée au vent) à côté d'un vieux verger d'agrumes et a été mise en jachère l'année antérieure (Annexe A). La parcelle a été conduite suivant les pratiques culturales de l'agriculteur (pas d'irrigation, fertilisation seulement en fumure de fond avec un engrais complet 12-12-24+5MgO et de la dolomie).

Le site 2, situé sur la station expérimentale du CIRAD à Rivière Lézarde dans la commune Saint Joseph au centre de Martinique (Latitude 14°39'N, Longitude 60°59'W, Altitude 52 mètres). La parcelle a été placée dans une zone basse et dominée par des arbres (manguier et autres) et est peu exposée au vent. (Annexe A).

Les deux expérimentations ont été conduites à des dates différentes, du 17/01/2012 au 23/04/2012 pour le site à Morne des Esses et du 13/03/2012 au 25/06/2012 pour celui de la station expérimentale du CIRAD.

2.1-Matériel végétal

La variété de tomate utilisée est HEATMASTER. Il s'agit d'une variété à croissance semi-indéterminée. Son cycle est de 45 à 60 jours. Elle produit de gros fruits et donne un bon rendement en climat tropical (15-20 T/ha). Elle est habituellement cultivée par les producteurs de tomate de la Martinique. (Annexe C).

La bordure a été constituée de deux variétés de maïs doux, JAVA et SUGAR. La première est une variété rustique et vigoureuse avec des plants de taille pouvant atteindre 1,80-2 mètres. Son cycle est semi tardif et elle est dotée d'une bonne adaptation aux climats tropicaux. La variété SUGAR possède les mêmes caractéristiques mais son cycle est plus court que celui de JAVA et sa taille dépasse rarement 1.50m.

2.2-Dispositifs expérimentaux

Le dispositif de chaque expérimentation est constitué d'une parcelle de tomate avec une bordure de maïs. La parcelle de tomate située à Morne des Esses (site-1) et celle de la station expérimentale du CIRAD (Parcelle2) ont respectivement une superficie de 614.4m² (64m*9.6m) et 554.4 (63m*8.80 m) m². La superficie de la bordure représentant environ 10% de celle de la tomate (Heikki, 1991, Fitt, 1989) était respectivement 71.04 m² et 55.44 m².

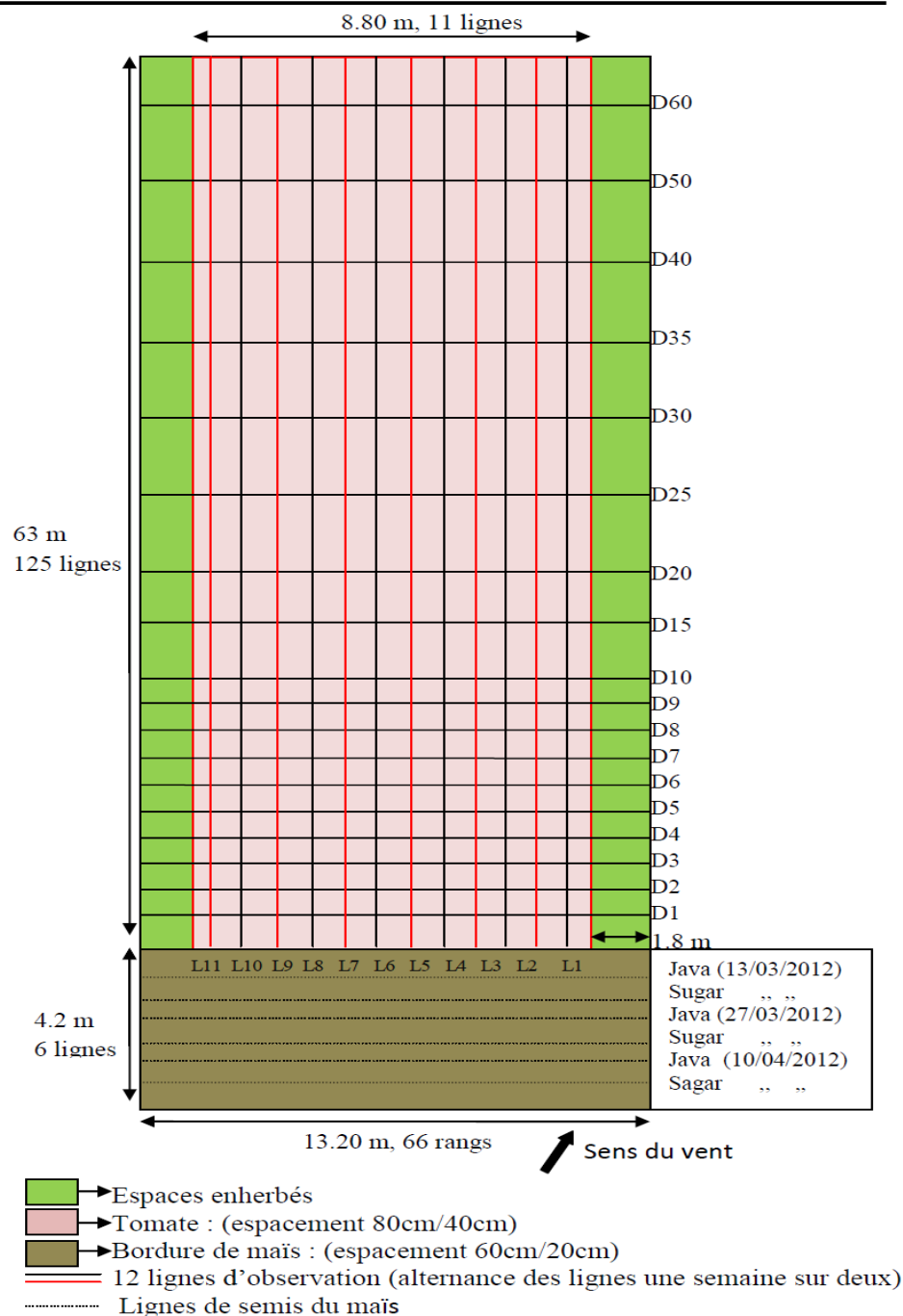
La bordure de maïs a été placée au vent des parcelles de la tomate. L'*Helicoverpa zea* volant dans le sens contraire du vent, le choix de la disposition de la bordure est basé sur l'hypothèse que les volatils (signaux) émis par le maïs couvrent la tomate (Schröder et Hilker, 2008). Ces composés auraient comme effet positif une orientation de la noctuelle vers la bordure.

La bordure est constituée de 6 lignes de maïs semées en trois semis successifs, à intervalle de 15 jours, le premier semis a eu lieu 1 mois avant la plantation de tomate. A chaque semis, on sème une ligne de JAVA et une ligne de SUGAR, chaque ligne avait 75 plants pour le Site1 et 66 plants pour le Site2. L'intérêt de ce décalage de dates de semis permet d'étaler la floraison du maïs (disponibilité de soies fraîches) afin qu'elle débute et s'étale durant toute la période de floraison de la tomate. Ces stades phénologiques étant les plus attractifs pour la noctuelle.

Dans la parcelle de tomate, les lignes ont été numérotées (de 1 à 12 pour la parcelle1 et de 1 à 11 pour la parcelle2) et sur chacune de ces lignes, les plants ont été étiquetés à partir de la bordure à différentes distances comme est indiqué sur les dispositifs expérimentaux. Ces plants ont été conservés pendant toute la durée de l'expérimentation et utilisés pour les prélèvements. Ce choix a été fait dans l'objectif d'évaluer la répartition des infestations (œufs et larves d'*Helicoverpa zea*) dans la parcelle de tomate.

Figure-2 : Dispositif expérimental

SCHÉMA DU DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL DE LA PARCELLE DE RIVIÈRE LÉZARDE



Pour déterminer la dynamique de la population d'*Helicoverpa zea* dans la parcelle, un piège à phéromones de type Héliothis (Annexe A) a été installé à environ 3 mètres de la bordure et à 1 mètre au dessus de la surface du sol (Marliac, 2011). Ce dispositif ne capture que les mâles d'*Helicoverpa*. Cependant, cela permet d'avoir une idée sur la population des femelles présentes dans le milieu car, selon Leonard (1989) le sex-ratio (mâle/femelle) est 1/1. Chaque semaine, on a noté la quantité de mâles piégés et du même coup la phéromone est renouvelée afin de maintenir l'attractivité du piège.

2.3-Observations et mesures

Les observations et les prélèvements ont été faits chaque semaine. La durée des observations s'étendait du 27/02/2012 au 23/04/2012 pour la parcelle du site de Morne des Esses et du 23/04/2012 au 25/06/2012 pour la parcelle2.

2.3.1-Observations sur la phénologie

Sur le maïs, les observations concernant la phénologie portaient sur le nombre de plants à l'état végétatif et en floraison (soies fraîches) afin de déterminer le pourcentage de floraison pour chaque variété et par date de semis.

Sur la tomate, le stade phénologique sur lequel l'accent a été mis est la floraison. Un plant est fleuri quand la fleur qu'il porte est ouverte. Chaque semaine, le pourcentage de floraison de la parcelle a été calculée (nombre de plants ayant au moins une fleur ouverte sur nombre total de plants).

2.3.2- Observations sur les infestations

Sur le maïs, chaque semaine, 7 à 20 plants ayant des épis avec des soies ont été aléatoirement échantillonnés. La taille de l'échantillon prélevée ne représentant au maximum qu'un 1/3 de plants fleuris de la bordure afin que cette dernière puisse rester fonctionnelle. Les épis prélevés ont été placés chacun dans un sachet plastique puis déposés dans une glacière afin de les garder au frais avant de les observer au laboratoire. Chaque épis prélevé était décrit selon son stade (stade1 : début d'apparition des soies, stade2 : soies verte totalement sorties, stade3 : soies vertes avec une partie desséchée, autre stade : sénescence et disparition totale des soies), puis les œufs et chenilles de *H. zea* ont été dénombrés sur les soies et dans l'épi à l'aide d'un microscope binoculaire.

Afin de déterminer la répartition et le niveau d'infestation en fonction de la distance, les plants de tomates ont été observés et échantillonnés à 1m, 2m, 3m, 3m, 4m, 5m, 6m, 7m, 8m, 9m, 10m, 15m, 20m, 25m, 30m, 35m, 40m, 50m, 60m.

Sur chaque plant de tomate, au niveau du 1/3 supérieur, une feuille et le bouquet floral le plus fleuri ont été prélevés (Alvarado-Rodriguez et al., 1982). Les fruits troués ont été également prélevés afin de détecter la présence de larve à l'intérieur (Zalom et al., 1983). Les échantillons collectés ont été aussi mis dans une glacière afin d'être maintenus au frais avant leur observations au laboratoire afin de déterminer la présence d'œufs, de larves d'*H. zea*.

Un échantillonnage régulier a été fait sur un effet total de 216 plants pour la parcelle du site-1 et 198 pour la parcelle du site-2. Les prélèvements ont été faits alternativement sur les lignes ayant les chiffres pairs ou impairs à intervalle de 15 jours (cf : figure 2). Cette façon de procéder permet de laisser aux plants sur lesquels un prélèvement antérieur a été fait le temps de reconstituer de nouvelles feuilles.

L'identification des larves a été faite suivant la description de quelques caractéristiques décrites dans une clé d'identification et de photos disponibles. En cas d'incertitude, les chenilles ont été élevées et les œufs sont gardés en boîte de pétri. L'éclosion permettant de voir par la suite qu'il s'agit bien d'*Helicoverpa zea*. Les chenilles ont été classées visuellement en trois catégories suivant leur taille : néonates (très petites), intermédiaires, grandes chenilles (totalement développées).

2.5-Autres observations

La faune au niveau de la bordure et de la parcelle a été identifiée au moyen de photos disponibles (Ryckewaert, 1998). Les œufs parasités ont été notés et gardés dans certains cas en boîte de pétrie au labo afin de déterminer le type de parasite en question.

Les données pluviométriques du site de Rivière Lézarde ont été communiquées par un responsable de la station météorologique du CIRAD et celle de Morne des Esses par l'installation d'un pluviomètre à proximité de la parcelle.

La détermination du rendement n'a pas été faite puisqu'à la fin de l'expérimentation une quantité importante de plantes a été détruite par le flétrissement bactérien *Ralstonia solanacearum*.

A la fin de floraison d'une ligne de maïs, les plants ont été arrachés afin de ne pas constituer une source d'infestation de *Helicoverpa zea* pour la tomate.

2.6-Traitement des données

Le traitement et l'analyse des données ont été réalisés au moyen du logiciel statistique R.2.14.1 avec le package LME4. La méthode d'analyse de Modèle Linéaire Mixte Généralisé (**glmer**) suivant la loi de Poisson a été appliquée sur des modèles avec l'ensemble des facteurs ensuite la fonction « drop1 » a été utilisée afin de choisir le meilleur modèle puis le modèle sélectionné a été comparé au modèle nul (facteurs aléatoires seulement) à l'aide de l'ANOVA. Ce type de modèle utilise à la fois des facteurs à effet fixe et des facteurs à effet aléatoire. Les jours ont été considérés comme facteur aléatoire car les périodes de prélèvement diffèrent par leurs conditions climatiques. Pour les infestations de tomate, les plants ont été aussi considérés comme facteur aléatoire, car les mêmes plants ont été observés toutes les 2 semaines.

Pour la tomate et le maïs, la principale variable testée est la ponte de *Helicoverpa zea* déterminée par le nombre d'œufs et de néonates, ces dernières ont été prises en compte dans l'analyse car compte tenu du cycle de *H.zea* nous supposons qu'elles correspondent aux pontes de la semaine (période considérée dans l'analyse).

Pour le maïs, les facteurs qui ont été pris en compte pour évaluer la ponte sont la population mâle, le stade de l'épi, le pourcentage de floraison de la bordure, la variété de maïs. Et sur la tomate, les facteurs pris en compte sont la floraison de la bordure de maïs, la floraison de la parcelle de tomate, la distance à la bordure de maïs.

III- Résultats

3.1- Site1 (Morne des Esses)

3.1.1-Phénologie de la bordure de maïs et de la tomate

La mise en place de la bordure par décalage des trois semis successifs des deux variétés de maïs, JAVA et SUGAR a permis d'avoir une floraison échelonnée qui couvre celle de la parcelle de tomate pendant toute la durée de l'expérimentation (Figure1).

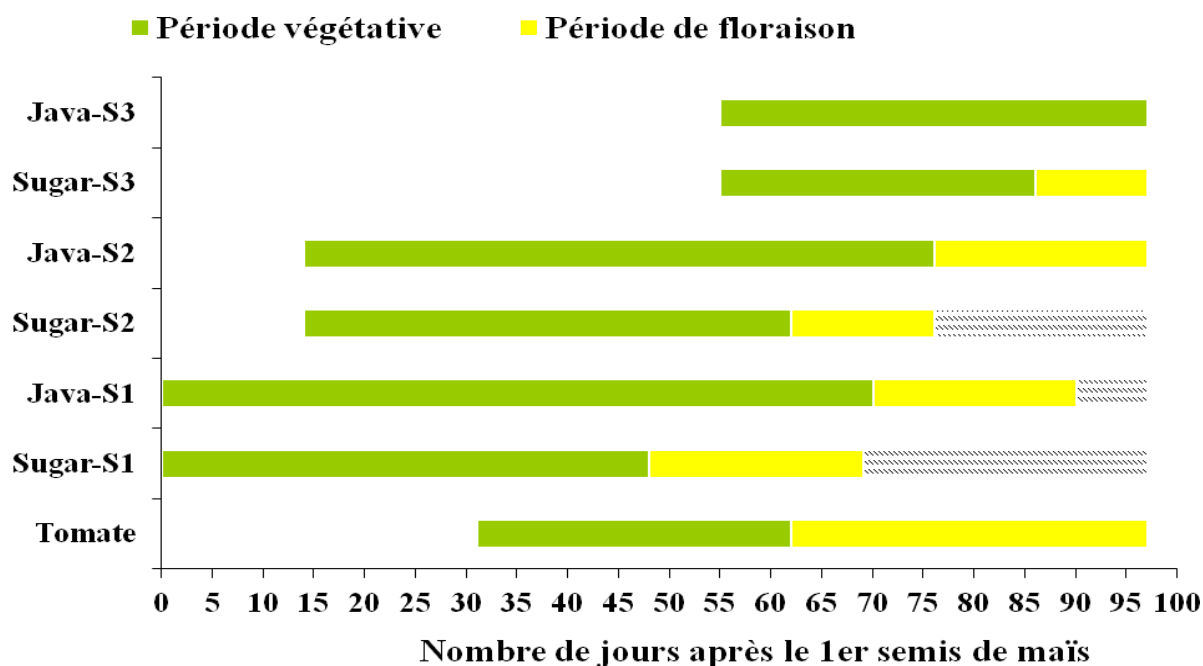


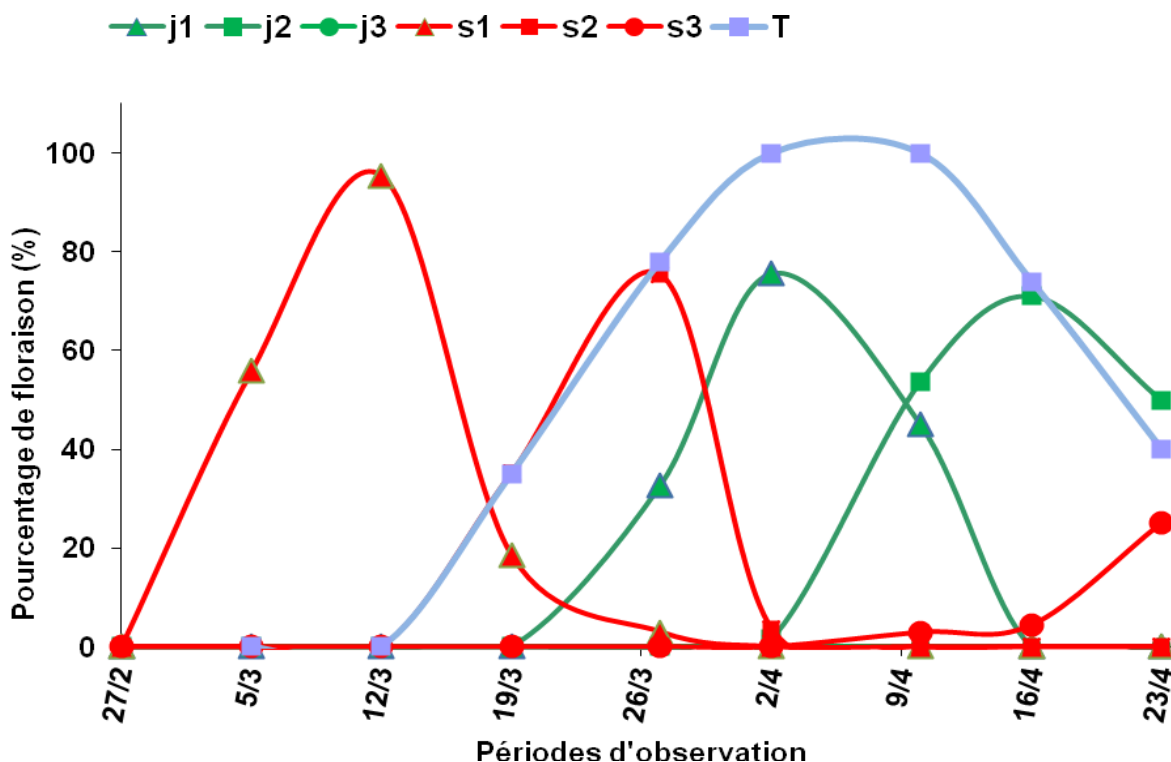
Figure1 : Évolution de la phénologie de la tomate et des différents semis de maïs (deux variétés : SUGAR et JAVA; 3 semis : S1, S2 et S3).

La durée de floraison du maïs varie de 12 à 21 jours suivant la variété et la date de semis. Les plants de SUGAR et de JAVA issus du premier semis étaient en floraison respectivement après 48 et 70 jours, ceux du deuxième semis après 48 et 62 jours. Cependant, dans le cas du troisième semis, les plantules ont été détruites par des chenilles (*Spodoptera fugiperda*) et ont dû être ressemées 55 jours après le premier semis. Par conséquent, seule la variété SUGAR est arrivée en floraison après 31 jours, tandis que la JAVA est restée au stade végétatif jusqu'à la fin de l'expérimentation à cause de son cycle de production plus tardif. La floraison de la tomate a commencé 31 jours après sa plantation et a duré 35 jours.

3.1.2-Dynamique de floraison

Pour les deux variétés, le pourcentage de floraison varie suivant la période considérée. La tomate a atteint son pic de floraison après les deux semaines qui ont suivies le début de sa floraison et ce pic de floraison a duré deux semaines puis a commencé à décroître. Avant la floraison de la tomate, la variété SUGAR du premier semis avait déjà atteint sa valeur maximale de floraison. On remarque également que pendant toute la durée de floraison de la tomate, SUGAR du semis 2 et JAVA du semis1 ont atteint leur floraison maximale (Graphe1).

L'évolution de la floraison des deux variétés de maïs et des trois semis de la bordure a correspondu à la période sensible de la tomate (floraison).



Graph 1 : Dynamique de floraison de la bordure (deux variétés : SUGAR et JAVA; 3 semis : S1, S2 et S3).

3.1.3-Infestation de la parcelle de tomate

Dans la parcelle de tomate, une série d'observations ont été réalisées pendant huit semaines. Cependant on n'a conservé que les observations pour les sept premières semaines puisque à la fin de l'expérimentation les données manquantes étaient trop importantes suite à la perte de plants due au flétrissement bactérien. Un effectif de 476 individus a été dénombré dont 456 œufs et 20 néonates. Au total, 149 œufs ont été retrouvés sur les feuilles et 307 sur les fleurs. Les dommages causés aux fruits étaient quasi inexistant. Seulement trois fruits troués ont été observés avec des chenilles à l'intérieur.

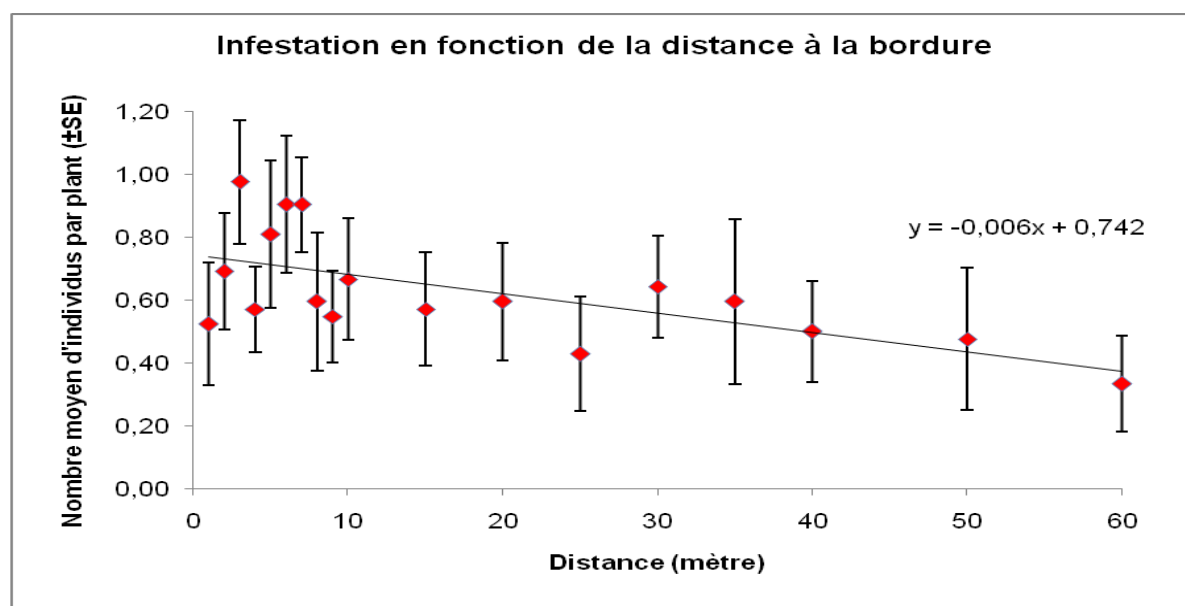
Le test statistique a démontré que l'infestation au niveau de la parcelle est significativement influencée d'une part par la distance à la bordure et d'autre part par l'interaction de l'état phénologique de la bordure de maïs et de celui de la parcelle de tomate (Tableau-1).

Tableau-1 : Infestation de la tomate en fonction de la distance à la bordure et de la floraison du maïs et de la tomate. Résultats de la comparaison du modèle nul et le modèle sélectionné.

	AIC	BIC	LogLik	Chi Df	Chisq
Model nul : Individus ~ (1 jrs) + (1 n.plant)	976.44	990.33	-485.22		
Model sélectionné: Individus ~ Distance + Floraison maïs x Floraison tomate+ (1 jrs) + (1 n.plant)	964.86	988.00	-477.43	2	15.58 (p<0.001)

- AIC (Akaike Information Criterion) et BIC (Bayesian Information Criterion) permettent de sélectionner le meilleur modèle.
- LogLik : calcule la vraisemblance et le nombre de paramètres du modèle.
- Chisq : test de Chi carré
- Individus ~ Distance + Floraison maïs x Floraison tomate+ (1 | jrs) + (1 | n.plant) : La variable individus est fonction de la somme des covariables fixes (Distance, l'interaction floraison du maïs et de la tomate) et de la somme des covariables aléatoires jours (jrs) et numéro plant (n.plant).

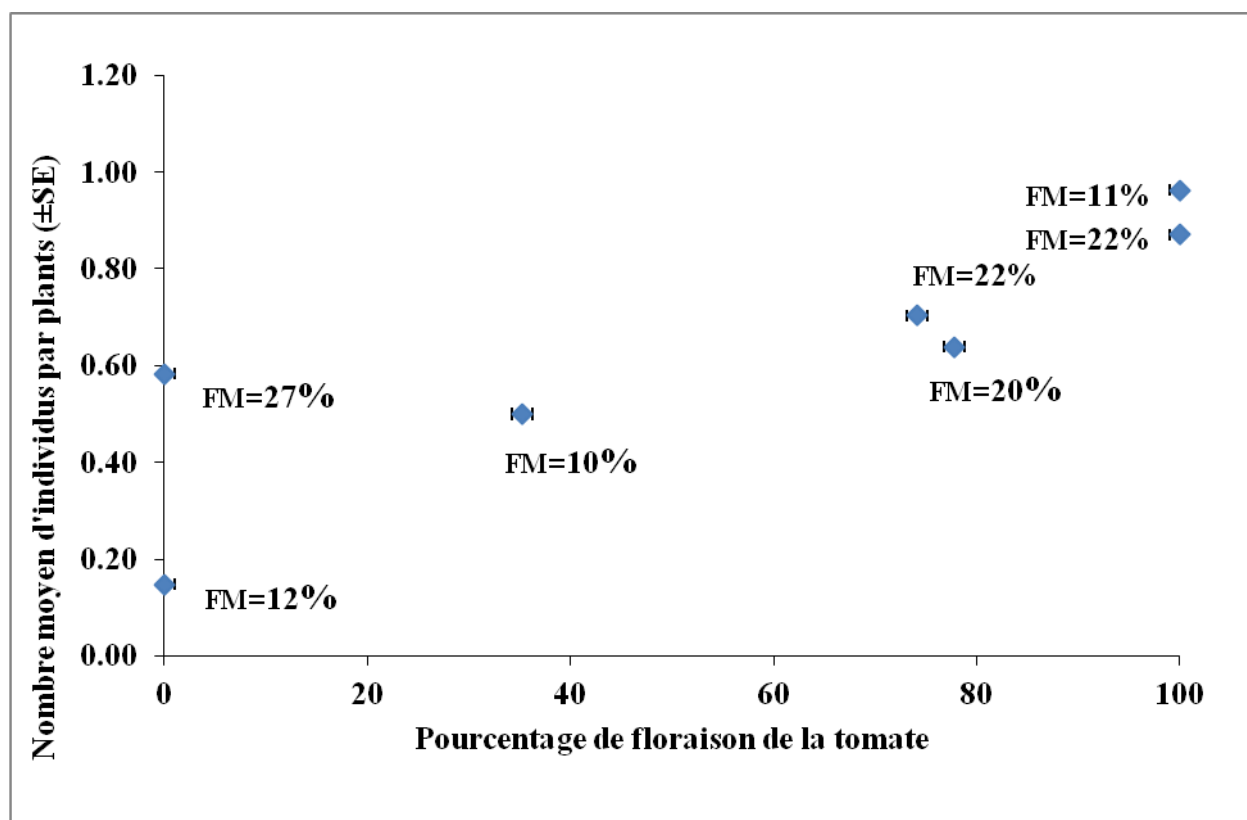
Considérons tout d'abord l'impact de la bordure sur la distribution de l'infestation suivant la distance. Le graphe-3 illustre l'évolution de l'infestation au niveau de la parcelle de tomate. Le nombre moyen d'individus par plant de tomate varie 0.38 à 0.98. On peut remarquer qu'il existe un gradient de d'infestation en partant de la bordure du maïs vers les 60 mètres, c'est-à-dire plus on s'écarte de la bordure plus le nombre moyen d'individus par plant de tomate diminue, mais avec une concentration plus importante d'individus au niveau du 3^{ème} mètre (Graphe-2).



Graphe-2 : Infestation en fonction de la distance à la bordure.

Le nombre moyen d'individus par plant de tomate résulte aussi de l'interaction de la floraison du maïs et de celle de la tomate. On remarque que l'activité de ponte de l'*Helicoverpa zea* était déjà effective dans la parcelle de tomate même avant le début de la floraison. En effet, en absence de fleur et lorsque la floraison du maïs a atteint 12-27%, le nombre moyen d'individus par plant a atteint 0.58 ± 0.11 alors que la ponte est trois fois moins importante lorsque la floraison du maïs est de 12%. Quand la floraison du maïs est faible (11%) et que la floraison de la tomate est forte (100%), l'infestation dans la parcelle est forte (0.96 ± 0.11 individus moyen par plant); de 20 à 22 % de floraison du maïs et 70% de floraison de tomate, le nombre moyen d'individus par plant varie de 0.64 à 0.70 (Graphe 3).

Graphe 3 : Infestation moyenne de la tomate en relation avec le pourcentage de floraison du maïs et du pourcentage de la tomate.



FM : floraison du maïs

3.1.4-Infestation de la bordure de maïs

La colonisation du maïs par les noctuelles de l'*Helicoverpa zea* a été constatée dès les premières observations. Au total de 649 œufs et 532 chenilles dont 396 néonates ont été collectés sur l'ensemble des échantillons (133 épis). Les œufs et les néonates ont été trouvés principalement sur les épis de stade 2 et 3. Les œufs ont représenté 62.11% du nombre total d'individus et les néonates 37.89%.

L'analyse statistique a permis de retenir que l'interaction entre le stade de l'épi et la floraison du maïs était significative, donc avait un impact sur l'infestation de la bordure ($p < 0.001$). Le test d'ANOVA a confirmé le modèle (Tableau 2).

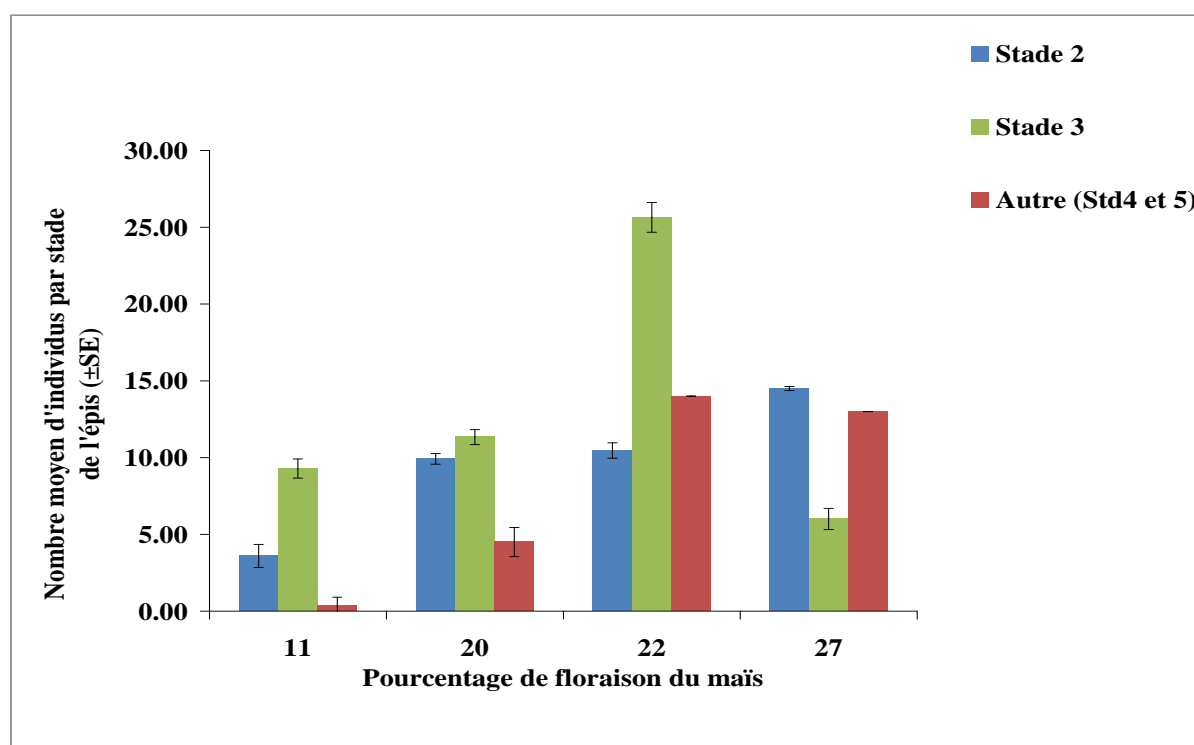
Tableau 2 : Infestation de la bordure en fonction du pourcentage de floraison de maïs et du stade des épis. Résultats de la comparaison du modèle nul et le modèle sélectionné.

	AIC	BIC	LogLik	Chi Df	Chisq
Model nul : Individus ~ (1 jrs)	657.56	663.34	-326.78		
Model sélectionné: Individus ~ Stade épi x Floraison maïs x Population mâle + (1 jrs)	533.11	553.34	-259.55	5	34.46 (p<0.001)

Le nombre cumulé de mâles capturés dans le piège à phéromone s'élevait à 28 papillons soit en moyenne 4 captures par observation. Aucune capture n'a été faite pour les deux dernières observations (16 et 23/04/2012).

Bien que la population de mâle interagisse avec la phénologie du maïs sur l'infestation de *H. zea*, ce facteur en étant pris seul n'a aucun impact sur les pontes.

Le pourcentage de floraison de la bordure a évolué avec la période d'observation. Il varie de 10 à 27% et la moyenne d'individus par épi varie de 0.33 ± 0.59 à 25.64 ± 0.97 . Tenant compte de toute la durée observations pour les six lignes de maïs, certains stades de l'épi n'ont pas été infestés puisqu'à un moment déterminé les plants n'étaient pas en floraison. Le graphe-4 présente des pourcentages de floraison du maïs où l'on a un maximum de stade de l'épi infesté possible (stades S2, S3 et autre stade).



Graphe 4 : Répartition du nombre moyen d'individus par stade de l'épi et du pourcentage de la floraison du maïs.

Le stade 2 de l'épi a un nombre moyen d'individus variant 3.60 ± 0.75 à 14.50 ± 0.13 , le stade 3 de 6.00 ± 0.69 à 25.64 ± 0.97 et autres stades de 0.33 ± 0.58 à 14 ± 0.00 . Le stade 3 avait une quantité plus importante d'individus que le stade 2 et l'autre stade. Cependant au stade 3 correspondant à la floraison la plus élevée 27%, on remarque une diminution. Pour les pourcentages de floraison 22 et 27, le stade 2 a une quantité importante d'individus que pour la floraison 11 et 20%. Le stade 1 n'apparaît pas parce qu'aucun cas d'infestation n'a pas été enregistré en début d'apparition des soies. Dans l'ensemble, pour les quatre périodes considérées, la tendance montre que le nombre moyen d'individus par épi augmente avec le pourcentage de floraison.

3.1.5-Faune entomologique au niveau de la tomate et de la bordure.

Une bonne partie des œufs collectés dans la parcelle 1 ont été marquée par le parasitisme causé par *Trichogramma sp.* Sur un total de 463 œufs dénombrés, 94 ont été parasités, soit 20.30%. Ce taux de parasitisme n'a été déterminé que sur la tomate. La faune de la parcelle 1 a été marquée par l'abondance différentes populations d'insectes dont des phytophages et des auxiliaires. Sur le maïs, on a surtout rencontré différentes espèces de coccinelles (*Coleomegilla maculata*, *Zagreus bimaculosus* Mulsant, *Cladis nitidula* F), de Orius (*Orius insidiosus*), de thrips prédateurs (*Frankliniathrips vespiformis*), les fourmis, les cécidomyies. Alors que sur la tomate, on a remarqué non seulement certains des espèces précitées mais aussi les thrips phytophages, les araignées, les punaises murides (*Macrolophus caliginosus*). On a remarqué que la présence de ces populations d'insectes varie avec le temps et les stades de développement des plants. Les coccinelles, *Orius insidiosus* étant des prédateurs d'œufs *Helicoverpa zea* ont été les plus remarqué au moment de la floraison du maïs, puisque les ponte de papillon sont plus abondante à ce stade.

3.2-Site 2 (Rivière Lézarde)

3.2.1-Phénologie du maïs et de la tomate

La mise en place de la bordure par décalage des trois semis successifs des deux variétés de maïs, JAVA et SUGAR a permis d'avoir une floraison échelonnée qui couvre celle de la parcelle de tomate pendant toute la durée de l'expérimentation (Figure 2).

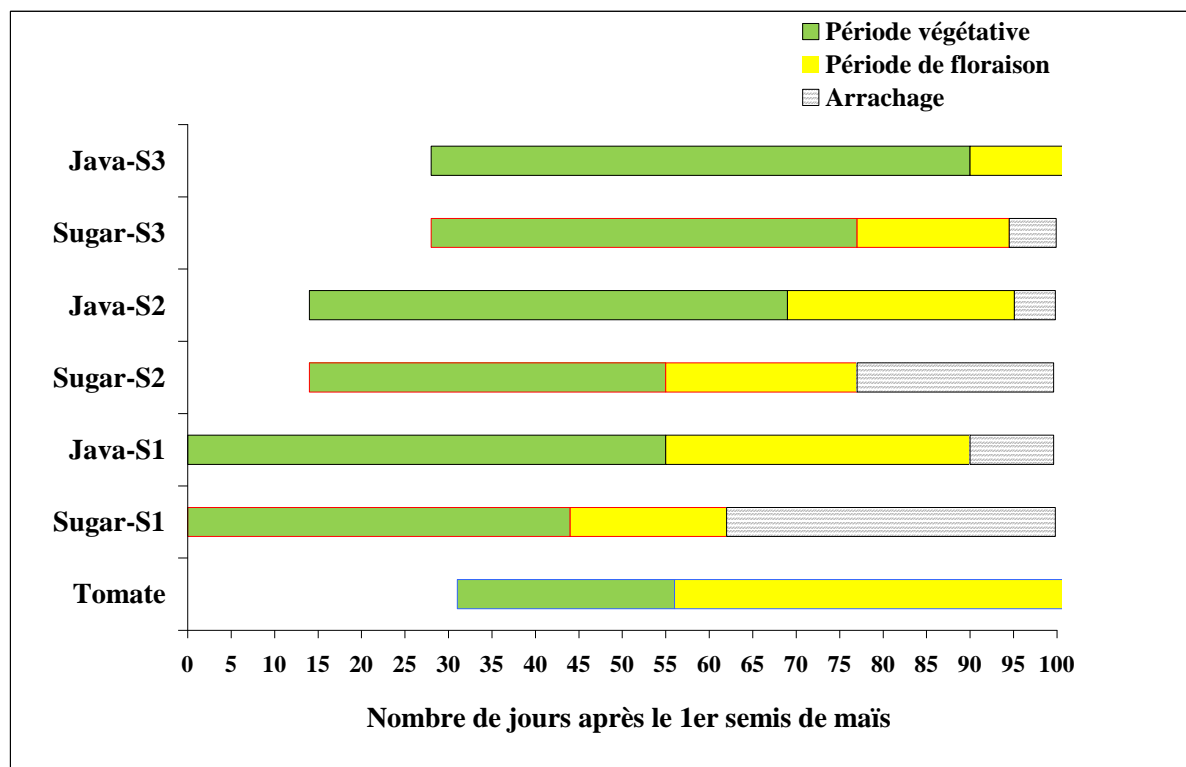


Figure 2 : Évolution de la floraison du maïs et de la tomate

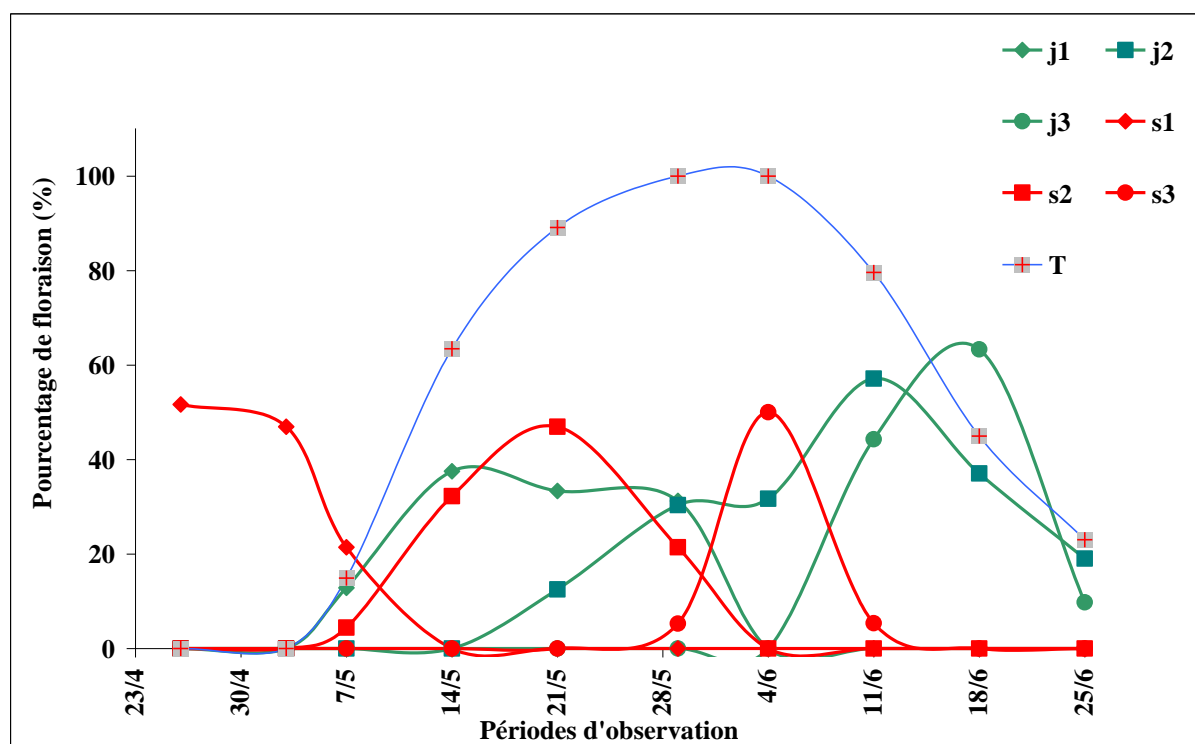
La tomate est entrée en floraison 25 jours après sa plantation et a fleuri pendant toute la durée de l'expérimentation. Les plants de la variété SUGAR du premier semis, ont commencé à fleurir après 44 jours, ceux issus du premier et du deuxième semis JAVA ont débuté leur floraison après 55 jours et pour le troisième semis après 62 jours. La durée de floraison entre les lignes pour les deux variétés varie de 18 à 35 jours. Les lignes de JAVA du premier et du deuxième semis ont fleuri beaucoup plus longtemps suite à l'opération de ressemis pour remplacer les graines qui n'ont pas été levées. Une cinquantaine de graines ont été ressemées après la semaine qui suit la levée. On remarque que la période la période sensible de la tomate (floraison) coïncide bien avec la floraison du maïs. Ceci a été faite par le chevauchement de la floraison des deux variétés de maïs.

3.2.2-Dynamique de la floraison de la bordure

Le pourcentage de floraison des variétés JAVA et SUGAR évolue avec la chronologie de la parcelle. Les plants de SUGAR du premier semis ont atteint leur pic de floraison avant que la tomate ait eu son début de floraison. Aucun des semis n'a donné un pourcentage de floraison supérieur à 60. Par contre quand la tomate était arrivée à sa floraison maximale, les semis 2 de SUGAR et le semis 1 de JAVA ont atteint leurs pourcentages les plus élevés permettant ainsi une bonne couverture de la tomate au cours de la cinquième période. Enfin, la fin des observations a été marquée par la floraison du troisième semis de SUGAR, du deuxième et du

troisième semis de JAVA.

La tomate a atteint son pic de floraison (100% fleurie) du 20^{ème} et au 35^{ème} jour après le début de l'apparition des premières fleurs ouvertes (Graphe 5).



Graphe 5 : Dynamique de la floraison de la bordure de maïs par rapport à celle de la tomate.

3.2.3-Infestation de la tomate

Sur la tomate, le niveau d'infestation a été faible. Seulement 74 œufs ont été collectés contre deux chenilles dont un néonates. Les œufs étaient surtout collectés sur les fleurs (54%).

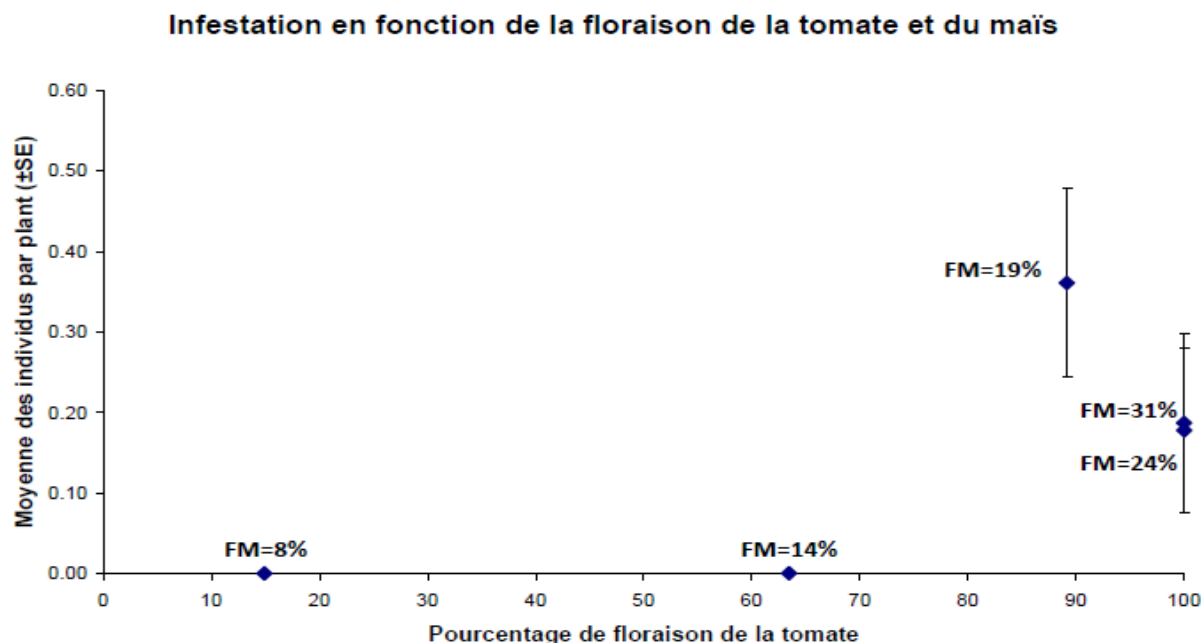
L'infestation de la parcelle de tomate (le nombre moyen d'individus par plant) varie en fonction de l'interaction de la floraison du maïs et de la floraison de la tomate ($p=0.0021 < 0.01$, Tableau 3).

Tableau 3 : Infestation de la parcelle de tomate en fonction des floraisons de maïs et de tomate. Résultats de la comparaison du modèle nul et le modèle sélectionné.

	AIC	BIC	logLik	Chi Df	Chisq
Model nul : Individus ~ (1 jrs)	271.06	283.72	-132.53		
Model sélectionné: Individus ~ Floraison tomate x Floraison maïs + (1 jrs) + (1 n.plant)	267.70	284.58	-129.85	1	5.36 (p<0.01)

Le graphe suivant présente les moyennes d'individus obtenus par plant dépendant de la phénologie des deux espèces. À des pourcentages faibles de floraison du maïs (8 et 14%) correspondant aux pourcentages de floraison de 15% et 63% de la tomate, le nombre moyen

d'individus par plant de tomate est nul. Le maïs a absorbé la charge de l'infestation. Contrairement, à des pourcentages plus élevés pour le maïs (31%) et à floraison maximale de la tomate (100%) l'infestation par plant augmente (0.18 ± 0.10 , 0.19 ± 0.11). Le niveau d'infestation par plant le plus élevé 0.36 ± 0.12 , correspond à 19% de floraison de la bordure et 89% de la tomate.



Graph 6 : Infestation de la parcelle de tomate

3.2.4-Infestation de la bordure de maïs

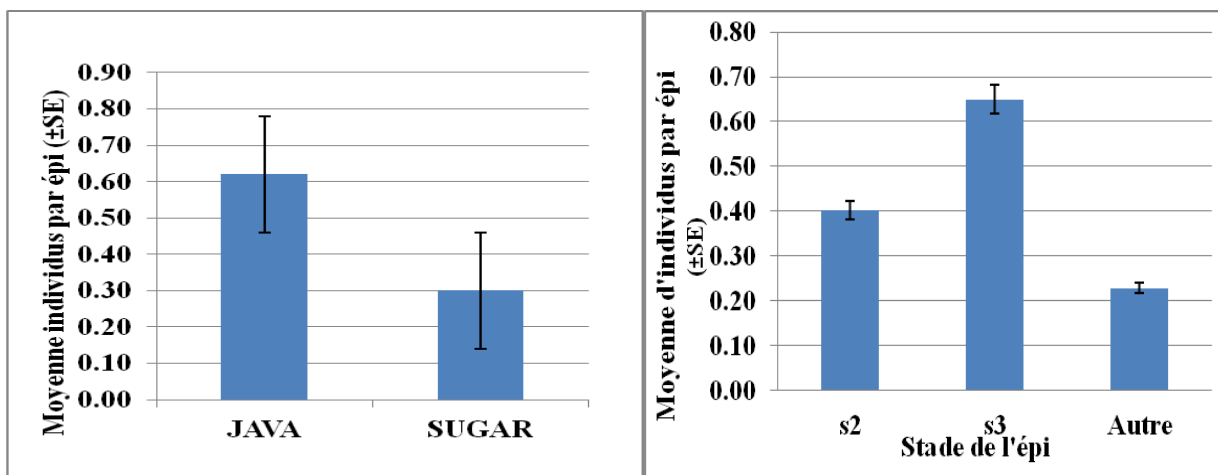
Dans la parcelle de Rivière Lézarde la quantité d'œufs et de chenilles de *H. zea* collectée est moins importante que celle de Morne des Esses . Un effectif de 37 œufs et 65 chenilles dont 54 néonates a été collecté sur le maïs. On n'a commencé à détecter la présence d'œufs et de chenilles qu'à partir de la deuxième période d'observations. Le nombre d'individus (œufs plus néonates) collectés présentait 89.22% de l'effectif total, le reste étant constitué par des larves du troisième au sixième stade.

Les analyses statistiques permettent de déterminer que l'infestation de la bordure de maïs est significativement influencée d'une part par le stade de l'épi et d'autre part par la variété (Tableau 4).

Tableau 4 : Infestation de la bordure de maïs en fonction de la variété et du stade de l'épi. Résultats de la comparaison du modèle nul et le modèle sélectionné.

	AIC	BIC	logLik	Chi Df	Chisq
Model nul : Individus ~ (1 jrs)	236.74	243.30	-116.37		
Model sélectionné: Individus ~ variété + stade épi +(1 jrs)	215.75	235.42	-101.87	4	28.994 (p<0.001)

Ces graphes montrent l'évolution de l'infestation de la bordure de maïs d'une part en fonction de la variété, d'autre part en fonction du stade de l'épi.



Graphe-7: infestation en fonction de la variété

Graphe-8: Infestation en fonction du stade de l'épi

La variété JAVA contient un nombre moyen individus par épi plus important que celui de SUGAR, soit 0.62 ± 0.15 individus observés sur 102 épis contre 0.30 ± 0.16 observés sur 94 épis.

On a remarqué que le stade-3 de l'épi contenait une quantité plus importante d'individus que les stades-2 et autre-stade. Les moyennes d'individus par épi varient de 0.40 ± 0.13 , 0.65 ± 0.11 et 0.23 ± 0.08 pour le stade 2, stade 3 et autre stade et observés respectivement sur 82, 77 et 37 épis. Aucun individu n'a été dénombré sur le stade 1. Ces résultats incluent toutes les périodes au cours desquelles les échantillons ont été prélevés dans toute la bordure et ne tient pas compte des différents semis distinctement.

3.2.5- Faune entomologique au niveau de la tomate et de la bordure.

Au niveau du site-2, un total de 19 œufs parasités par les trichogrammes a été retrouvé sur un effectif de 74, soit un taux de parasitisme de 28.68%. Des espèces de prédateurs, de parasitoïdes et phytophages ont été identifiés. Au cours des trois premières semaines d'observation, les Orius adultes étaient présents en quantité abondante sur le maïs, puis arrivaient de différentes espèces de coccinelles (*Colemegilla maculata*, *Zagreus bimaculosus* Milsant, *Cladis nitidula* F). Sur la tomate, il y avait les thrips prédateurs (*Frankliniothrips vespiformis*), les larves d'Orius (*Orius insidiosus*) et de coccinelles les punaises mirides (*Macrolophus caliginosus*, Wagner).

La présence des fourmis sur les feuilles du maïs était aussi très marquée, cependant les espèces n'ont pas été identifiées.

3.3-Discussion

Dans les deux sites, bien que certains facteurs qui influencent l'infestation au niveau de la parcelle de tomate soient différents, on remarque que l'interaction de la floraison du maïs et de la tomate est toujours mise en évidence. Ce point de convergence montre que la période la plus vulnérable de la tomate est bien la floraison (Torres-Villa et *al.*, 2003, Naut and Speese Iii, 2002) puisque la plus grande quantité d'œufs et de larves ont été collectés à ce stade. Normalement *H. zea* a une préférence pour les plantes en période de floraison ou de fructification (Jhonson et *al.*, 1975).

Au niveau du site-2, à 15% et 63% de floraison de la tomate qui correspond à 8 % et 14% de floraison de la bordure, l'infestation dans la parcelle est nulle. Pendant cette même période, le nombre d'individus dénombrés dans la parcelle de maïs était 35. À la floraison maximale de la tomate correspondant aux pourcentages de 24 et 31% de floraison de la bordure, l'infestation était faible. Exceptionnellement, à 19% de floraison de la bordure et à une forte floraison de la tomate l'infestation augmente. En absence de la floraison du maïs, on suppose que toute la ponte de *H. zea* serait faite sur la tomate et qu'en absence de floraison de la tomate, l'infestation dans les parcelles serait moindre puisqu'une très bonne partie des œufs ont été retrouvée sur les fleurs.

Dans le site-1, on a constaté qu'à 0% de floraison de la tomate, le nombre moyen d'individus par plant avoisinait 0.60. La plus forte infestation a été observée quand la floraison du maïs était faible, 11% correspondant à une forte la floraison de la tomate. Or si avant la floraison de la tomate (12% de floraison du maïs) l'infestation était faible à un moment, on pense que la présence des fleurs aurait accéléré l'attractivité de la noctuelle.

Ces résultats pourraient indiquer les mesures effectives à prendre afin de bien synchroniser les dates de semis de façon que la tomate soit bien protégée par la floraison du maïs.

Bien qu'on ne puisse pas comparer l'infestation de la tomate avec celle du maïs par rapport à la méthode d'échantillonnage adoptée (une feuille avec le bouquet le plus fleuri par plant), cependant, dans les deux situations on a remarqué que la présence de bordure a atténué le niveau d'infestation dans parcelle.

En ce qui concerne la distance, on constate qu'il existe un gradient du nombre moyen d'individus par plant dans la parcelle. Ce gradient s'oriente de la bordure vers les 60 mètres, c'est-à-dire les plants de tomate les plus proches du maïs sont plus infestés que ceux qui sont plus éloignés. Ces résultats confirment ceux de Trebeau obtenus en 2010. Le gradient d'infestation observé pourrait être dû au fait que le maïs est placé trop près de la tomate et que là les conditions sont plus favorables à *H. zea*. Selon Riley et al. (1992) en cas de conditions favorables de ponte et d'alimentation, la dispersion de *Helicoverpa armigera* n'est que de 10 mètres.

Un autre élément qui pourrait expliquer ce gradient d'infestation est que *H. zea* vole contre le vent et que la parcelle a été placée sous le vent de la bordure. De ce fait, les substances volatiles émises par le maïs pourraient couvrir la tomate sur une courte distance et que les adultes *Helicoverpa* pondent sur les plants de tomate les plus proches (Trebeau, 2010).

Dans ce cas, pour tenter de réduire beaucoup plus l'infestation, il serait mieux de placer la bordure de maïs un peu plus éloigné de la tomate, soit à une quinzaine de mètres.

Pour le site de Rivière Lézarde, la distance n'a pas exercé aucun effet sur la distribution de l'infestation dans la tomate, comme il a été le cas pour le site de Morne des Esses. L'état

phénologique des deux espèces (par interaction) a plutôt influencé sur l'infestation. On suppose qu'à faible niveau d'infestation dans la parcelle de tomate (74 œufs et 1 néonate pour toute durée de l'expérimentation) la distance n'aurait aucun effet. Par contre, pour le site de Morne des eses l'infestation était plus importante (456 œufs et 20 néonates).

Au niveau de la bordure de maïs, la destruction des plants du troisième semis par des insectes et qu'on a ressemé, n'aurait même pas affecté l'étalement de la floraison de la bordure puisque la floraison des plants des deux premiers semis ont permis de couvrir celle de la tomate. Cela voudrait dire que seulement deux semis seraient nécessaires. Ce résultat va dans le même sens que celui de Trebeau obtenu en 2010 dans le site-2 (à Rivière Lézarde) et pour lequel deux semis de maïs à intervalle de 15 jours chacun avant la plantation de la tomate étaient suffisants.

En réalisant deux semis de maïs, on suppose aussi qu'une augmentation de la densité de semis (40cm*20cm) permettrait d'avoir plus de plants dans les 10% de surface occupés par la bordure, induisant une disponibilité en soies beaucoup plus importante. Par contre à Rivière Lézarde, il faut maintenir les trois semis de maïs pour couvrir la floraison de la tomate.

La différence sur la phénologie de la bordure des deux parcelles pourrait aussi être expliquée par le fait le maïs n'a pas été cultivé dans les mêmes conditions. Selon Nyabyenda, 2005, le maïs s'adapte à toutes les conditions écologiques et peut croître sur plusieurs types de sol. Cependant, les sols riches en matière organique, bien drainés et aérés avec pH 6.0 à 7.0 lui conviennent le mieux. Donc, les conditions nutritionnelles et édaphiques pourraient bien jouer un rôle sur le développement des plantes notamment l'induction florale.

L'infestation de la bordure peut être expliquée par la présence de soies fraîches des épis du maïs (Rector, 2002). Le stade1 de l'épi n'a pas été infesté, alors que le stade3 était plus infesté que les stades 2 et autre stade. Les épis portant des soies fraîches totalement développées sembleraient contenir des substances beaucoup plus attractives pour les femelles de la noctuelle. Selon Raina et al. 1992, 1g de soies fraîches émet 0.3ppm d'éthylène en 18h. Cependant, on ne sait pas après quelle durée à partir du début d'apparition des soies elles deviennent plus attractives, ou si l'intensité des substances qu'elles émettent augmente à mesure qu'elles deviennent matures. Bien que *Helicoverpa zea* soit attiré par les soies fraîches du maïs, les résultats montrent que ce n'est pas tout à fait en début d'apparition des soies que les œufs y sont déposés. Une telle information devrait être confirmée parce qu'elle pourrait constituer une stratégie dans la mesure où l'on envisagerait des traitements chimiques sur les épis.

On a constaté que le nombre moyen d'individus collectés par épi augmente avec le pourcentage de floraison de la bordure. À un faible pourcentage de floraison, la faible moyenne d'individus retrouvés par épi pourrait être l'effet de compétition entre les chenilles qui est manifesté par leur comportement cannibale (Dial et Adler, 1990), parce que dans les épis il y n'avait pas que les néonates. Donc, ces derniers auraient pu subir l'attaque des chenilles des stades plus âgés. On suppose aussi qu'il y a un effet de la prédation. Bien qu'on n'ait pas dénombré les ennemis naturels, la présence des prédateurs des œufs de coccinelles et de *Orius* était très marquée, ce qui aurait un impact sur le nombre moyen d'individus par épis.

La population de mâles piégés qui est un indicateur de la présence de femelles dans le milieu était très faible. Sur le site de la station expérimentale du CIRAD, seulement 8 papillons ont été capturés en deux occasions; en moyenne 1 papillon par observation. Tandis que pour

Morne des Esses on en avait en moyenne 4 captures. Comparativement aux collectes des deux années antérieures (40 individus par capture en 2010; 16 par capture en 2011), la présence des mâles était insignifiante. La faible présence de mâles dans le piège pourrait être comprise dans une certaine mesure par l'abondance des pluies enregistrée pendant le déroulement des expérimentations. La pluviométrie totale pour Morne des Esses était de 303 mm (soit 37 mm par semaine) et 158.6mm pour Rivière Lézarde (10.8 mm par semaine). Parajulee et al (2004) ont évoqué que les fortes pluviométries ralentiraient l'activité des noctuelles.

Un autre élément qui pourrait expliquer cette faible capture de mâles est la phéromone utilisée. La composition des phéromones synthétiques n'est pas aussi efficace que celle produite par les femelles vierges de *H. zea*. De plus, Il existe une compétition entre les phéromones synthétiques et celles émises par les femelles (Leonardo et al, 1989, cité par Marliac, 2011).

Les résultats ont démontré que le nombre d'individus par épis dans la bordure est plutôt influencé par l'action combinée du stade de l'épi, de la variété et de la floraison du maïs. Comme pour la parcelle du site-1, les noctuelles ont démontré une préférence pour les épis portant les soies bien développées (stade 2 et 3 de l'épi). A cela s'ajoute l'effet de la variété. Sur la variété JAVA, la moyenne d'œufs par épi dépasse toujours celle de SUGAR à quelque soit le pourcentage de floraison de la bordure considéré. Cela pourrait être expliqué par les caractéristiques intrinsèques de cette variété qui offriraient une plus grande attractivité à *Helicoverpa zea*. Donc, il serait plus intéressant d'utiliser uniquement la variété JAVA dans la bordure de maïs en semant beaucoup plus tôt par rapport à la plantation de la tomate afin de pouvoir intercepter plus d'individus permettant ainsi une meilleure performance de la bordure.

Les différences observées au niveau des deux sites pourraient être expliquées par leurs situations agroécologiques différentes. En effet, les conditions d'un milieu peuvent exercer une influence sur le comportement des différentes espèces qui le composent (Ricklefs, 2005). La parcelle à Morne des Esses étant situé sur une colline exposée au vent, offrirait du coup une accessibilité plus grande à la pénétration de *Helicoverpa zea* qui peut voler et sur de grandes distances (Kennedy et Storer, 2000). De plus cette parcelle se trouvait dans des agrosystèmes où il y avait présence d'autres cultures maraîchères, à coté d'un ancien verger d'agrumes abandonné et d'une parcelle en jachère. La flore sauvage existante aux alentours pourrait aussi représenter une source d'infestation qui favoriserait l'introduction de la noctuelle. Contrairement, la parcelle du site de Rivière Lézarde se situait dans un endroit plus au fond, où il y a une végétation d'arbres plus importante ce qui rendrait le vent moins dominant à la pénétration de papillons.

IV-Conclusions et perspectives

A la suite des deux expérimentations effectuées dans les deux sites, on peut remarquer que la présence et le comportement des populations de *Helicoverpa zea*, le niveau d'infestation qu'elles engendrent sur la culture de tomate ainsi que la répartition spatiale de l'infestation peuvent changer avec les conditions du milieu. Les analyses qui ont été réalisées sur les données collectées ont permis non seulement de voir l'évolution de l'infestation de *Helicoverpa zea* dans les parcelles de tomate et du maïs, mais aussi de comprendre les différents facteurs qui pourraient modifier le comportement de ce ravageur.

L'intérêt de cette technique résulterait dans la mise en place de la bordure dans le temps, afin de mieux gérer la coïncidence entre la phénologie du maïs et celle de la culture principale (la tomate). Dans les deux situations présentées, le choix de l'installation de la bordure de maïs en six lignes composées des deux variétés de cycle biologique différent et semées à des dates différentes a été bien prouvé et convenu valablement, puisque la période d'attractivité du maïs a bien coïncidé avec la floraison de la tomate qui est aussi une période critique et susceptible à l'agressivité des larves de *Helicoverpa zea*. Cela a permis de dévier l'orientation de l'insecte de la tomate vers le maïs afin de réduire les attaques.

Le niveau d'infestation interceptée (œufs et néonates) par la bordure de maïs permettrait de l'utiliser comme plante piège qui serait capable de réduire les dommages causés par la noctuelle *Helicoverpa zea* dans une parcelle de tomate. Ces résultats viennent en effet alimenter d'autres conclusions positives sur des travaux de recherches qui ont été déjà réalisées sur l'effet d'une bordure de maïs pouvant servir de culture piège à *Helicoverpa zea* en présence de la tomate.

Cette technique innovante peut servir de base prometteuse dans la lutte contre les ravageurs aériens dans production des cultures maraîchères martiniquaises et dans d'autres régions de la Caraïbe. Cependant, dans le cadre d'une application, peut être accompagnée par d'autres techniques culturales préventives, par exemple la destruction des adventices, hôtes alternes de *Helicoverpa zea* aux alentours des parcelles, destruction des résidus de récolte de plantes hôtes. On peut envisager aussi l'aspersion des épis par *Bacillus thuringiensis* afin de réduire les futures générations de la noctuelle.

Les résultats d'analyses ayant aussi démontré les facteurs pouvant agir sur la distribution des infestations dans la parcelle, peuvent constituer d'autres sujets de recherche plus approfondie sur *Helicoverpa zea*. De ce fait, pour compléter cette étude, d'autres expérimentations doivent être envisagées notamment sur :

- L'effet du maïs comme culture piège mais pas en bordure de parcelle de la tomate mais dans le milieu avoisinant.
- L'incidence de *Helicoverpa zea* dans les parcelles dans différentes zones de production de tomate afin de pouvoir tester ce dispositif.
- L'inventaire des hôtes alternes de la flore sauvage de la Martinique pouvant servir de réservoir de *Helicoverpa zea*.
- La réalisation d'essai similaire, mais en présence d'une parcelle témoin (sans bordure) afin d'évaluer son efficacité dans son rôle pour désorienter *H. zea* vers la tomate.

Références bibliographiques

- Abdallah et A. E. Salama. Z. 1975. Biological studies on the American cotton bollworm, *Heliothis zea* (Boddie) in Egypt S. Ent. 79, 370-376.
- Altieri M.A., Nicholls C., 2004. Effects of Agroforestry Systems on the Ecology and Management of Insect Pest Populations. In: Ecological Engineering for Pest Management. Advances in Habitat Manipulation for Arthropods (Gurr G. M., Wratten S. D. and Altieri M.A. eds), CSIRO Publishing, Collingwood, VIC, Australia, and Cabi Publishing, Wallingford, Oxon, UK, 143-154.
- Altieri, M.A., Letourneau, D.K., 1984. Vegetation diversity and insect pest outbreaks. CRC Critical Reviews in Plant Sciences 2, 131–169.
- Altieri, M.A., Letourneau, D.K., 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystems. Crop Protection 1, 405–430.
- Alvarado-Rodriguez B., Leigh T. F., and Harry Lange W., 1982. Oviposition site preference by the tomato fruitworm (Lepidoptera : Noctuidae) on tomato, with notes on plant phenology. J. Econ. Entomol. 75:895-898.
- Andow, D.A., 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. Ann. Rev. Entomol. 36, 561–586.
- Bradley, J. R., Herzog, G. A., Roach, S. H., Stinner, R. E., Terry, L.I. 1986. Cultural control in Southeastern USA cropping systems. 84: pp. 22-27.
- Breton Guy, 2003. Le vers de l'épi du maïs : identification, biologie et stratégie d'intervention <http://www.agrireseau.qc.ca/Rap/documents/b04mai12.pdf>
- Cantelo, W. W, et Jacobson, M. 1998. Corn silk volatiles attract many pest species of moths. Journal of Environmental Science and Health, 14 (8) 695-707
- Capinera, J. L. 2007. *Featured creatures*. http://www.entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/corn_earworm.htm#dist
- Dial, C. I., and P. H. Adler. 1990. Larval behavior and cannibalism in *Heliothis zea* (Lepidoptera: Noctuidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 83: 258-263.
- Duffey, S.S., 1986. Plant glandular trichomes: their partial role in defence against insects. In: Juniper, B.E., Southwood, T.R.E. (Eds.), Insects and the Plant Surface. Edward Arnold, London, pp. 151–172.
- Deguine Jean-Philippe, Pierre Feron , Derek Russell, 2008. Protection des cultures. De l'agrochimie à l'Agroécologie, P-187.
- Ebeling, W., T. Nishida & H. A. Bess. 1953. Field experiments on the control of the melon fly, *Dacus cucurbitae*. Hilgardia 21:563-591.

FAO (<http://faostat.fao.org/>)

Firepong S. et Zalucki, MP, 1990. Host Plant Selection by *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera Noctuidae) Roles of certain plant attributes. Australian Journal of Zoology 37 (6) 675-683.

Fitt, G. P., 1989. The ecology of *Heliothis* in relation to agro-ecosystems. Annu. Rev. Entomol. 34: 17-52.

FREDON, Bulletin de santé du végétal. Martinique , janvier 2012. No 23
2012http://daaf972.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/BSV_janvier_2012_cle05cdf8-1.pdf

Hagerman, P. 1995. Fiche technique : ver de l'épi du maïs. MAAARO.
www.omafra.gov.on.ca/french/crops.

Hearn, A. B., Fitt, G. P. 1988. Cotton cropping systems. In field-Crop Ecosystems, ed. C. Pearson Amsterdam: Elsevier. In press.

Hokkanen, H.M.T., 1991. Trap cropping in pest management.
Ann.Rev.Entomol.36:119–138.

Honda K. 1995. Chemical basis of differential ovipositor by Lepidopterous insects. Archives of insect biochemistry and physiology, Volume 30, Issue 1, page 1-23, 1995.

Jhon A. Juvik, Joseph A. Shapiro, Todd E. Young, and Martha A. Mutschler. J 1994. Econ, Acylglucoses from Wild Tomatos Alter Bahaviour and Reduce Growth and Survival of *Helicoverpa zea* and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) Entomol. 87 (2): 482-492.

Jhonson, M. W., R.E. Stinner & R.L. Rabb. 1975. Ovipositionnal response of *Heliothis zea* (Boddie) to its major hosts in North Carolina. Environ. Entomol. 4:291-297.

Leonard Roger B., Graves Jerry B., Burris E., Pavloff Anthony M., Church Andgabie, 1989. *Heliothis spp.* (Lepidoptera: Noctuidae) Captures Pheromone Traps: Spieces Composition and Relationship to Oviposition in Cotton. J. Econ. Entomo. 82(2): 574-579.

Lukefahr, M. J.; Martin, D. F., 1964: The effects of various larval and adult diets on the fecundity and longevity of the bollworm, tabaco budworm and cotton leafworm. J. Econ. Ent. 57, 233-235.

Marliac Gaëlle (2011). Impact de la disponibilité et de l'attractivité de la ressource sur les populations d'*Helicoverpa zea* , cas d'étude : la tomate et le maïs.

Nault, B. A. and Speese Iii, J., 2002. Major insect pests and economics of fresh-market tomato in eastern Virginia. Crop protection. 21, 359-366.

Newsom, L. and D. Herzog. 1977. Trap crops for control of soybean pests. LA Agr. 20:14–15.

- Nishida, T. & N. Banput. 1974. Egg distribution on corn plants by the corn earworm moth, *Heliothis zea* (Boddie). Proc. Hawaii Entomol. Soc. 21:425-433.
- Nishida, T. et H.A. Bess, 1957 Studies on the ecology and control of the melon fly *Dacus (Strumeta) cucurbitae* Coquillet. J. Econ. Entomol. 43:877-883.
- Nyabyenda Pierre, 2005. Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitudes d'Afrique. 225p.
- OEPP/CABI, Fiche d'information sur les organismes de quarantaine, *Helicoverpa zea*. Liste A1 OEPP : no 195 : 1996.
http://www.eppo.int/QUARANTINE/insects/Helicoverpa_zea/F-helize.pdf
- Parajulee, M. N., D. R. Rummel, M. D. Arnold, and S. C. Carroll, 2004. Long-term seasonal abundance of *Helicoverpa zea* and *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) moths in the Texas High Plains. J. Econ. Entomol. 97:668-677
- Pustejovsky, D. E. and Smith, J., 2006. Partial ecological life table of immature *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in an irrigated cotton cropping system in the Transpecos region of Texas, USA. 16, 727-742.
- Raina, A. K., & Kingan, T. G., Matoo A.K. 1992. Chemical signals from host plant and sexual behavior in moth. Science, 255 (5044): 592-594.
- Rector, B. G., Snook, M. E., and Widstrom, N. W. 2002. Effect of husk characters on resistance to corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) in high-maysin maize populations. Journal of Economic Entomology, 95:1303-1307.
- Reed, W., Kumble, V., 1982. Proc. Int. Workshop *Heliothis* management, Patancheru, India, 1981. Patancheru, India: ICRISAT. 418, pp.
- Renwick J A A., and Chew FS., 1995. Oviposition Behavior in Lepidoptera. Annual Review of Entomology Vol. 39: 377-400.
- Riley J. R., Armes, N. J., Reynolds, D. R. And Smith, A.D. 1992. Nocturnal observations on the emergence and flight behaviour of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in the post rainy season in central India. Bull Entomol. Res. 82:243-256.
- Ruther Joachim, & Kleier Sven, 2005. Plant-plant signaling: Ethylene synergizes volatile emission in *Zea mays* induced by exposure to (Z)-3-hexen-1-ol. Journal of Chemical Ecology, 31(09): 2217-2222.
- Ryckewaert Philippe, 1998. Guide de reconnaissance des insectes et acariens des cultures maraîchères des Petites Antilles. P-110.
- Shankara Naika, Joep van Lidt de Jeude, Marja de Goffau, Martin Hilmi, Barbara van Dam, 2005. La culture de la tomate production, transformation et commercialisation. P.105.

- Sansone, C.G. and J.W. Smith, Jr. 2001. Natural mortality of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in short-season cotton. *Environ. Entomol.* 30: 112-122.
- Sarah Y. H. Lin, Jhon T. Trumble, and Junji Kumamoto, 1987. Activity of volatile compounds in glandular trichomes of *Lycopersicon* spp. against two insect herbivores. *J. Chem. Ecol.* 13:837–850.
- Shelton A.M. and Badenes-Perez F.R., 2006. Concept and applications of trap cropping in pest management . *Annu. Rev. Entomol.* 2006. 51:285–308.
- Schroder R. and Hilker, 2008. The relevance of background odor in resource location by insects: a behavioural approach. *Bioscience* vol 58, no 308-316.
- Tipping W. Philip, Carol A. Holko and Richard A. Bean, 2005,. *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) Dynamics and parasitism in Maryland soybeans. *Florida Entomologist* 88(1): 55-60.
- Topper C.P., 1987. Noctual behavior of adults of *Heliothis armigera* (Hubner) (Lepidoptera : noctuidae) in the Sudan Gezira and pest control applications. *Bulletin of Entomological Research.* 77: 541-554.
- Torres-Villa, L. M., Rodriguez-Molina, M. C. and Lacasa-Placensa, A.,2003. Impact of *Helicoverpa armigera* larval density and crop phenology on yield and quality losses in processing tomato : developing fruit count-based damage thresholds for IPM decision-making. *Crop Protection.* 22: 521-532.
- Trebeau Metty, 2010. Evaluation de l'impact d'une bordure de maïs sur les populations d'*Helicoverpa zea* et de *Bemisia tabaci* sur une culture de tomate.
- Ulloa Juan Andrnés Martinez, 2005. Evaluacion de productos sintéticos y bioplaguicidas para el control de mosca blanca *Bemisia tabaci* y gusano del fruto *Helicoverpa zea* en el cultivo del tomato *Lycopersicon sculentum*; Sébaco, Nicaragua.
- VIRON Nicolas, 2010. Thèse: Identification et validation de nouveaux gènes candidats impliqués dans la régulation du développement du fruit de tomate, N° d'ordre : 4209.
- Zalom F. G., Wilson L. T. and Smith R .,1983. Oviposition pattern by several Lepidopterus pest on processing tomatoes in California. *Environnemental Entomology*, Vol 12 (4): 1133-1137.

Annexes
Annexe A



Attaque de la tomate à la nuaison par un néonate

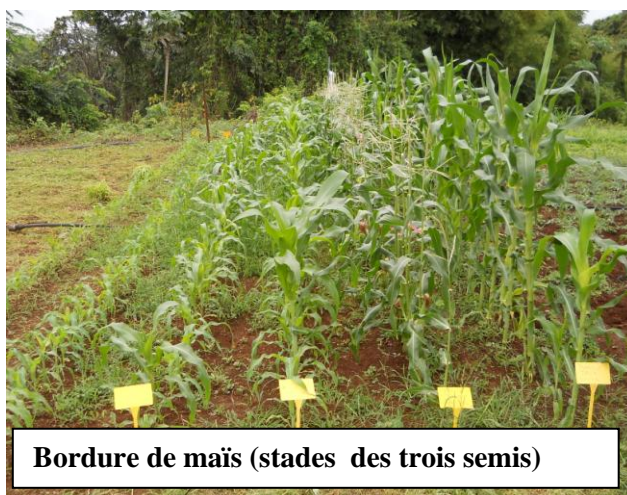


**Piège à
phéromone**

1 : Site de Rivière Lézarde



2 : Site de Rivière Lézarde



Bordure de maïs (stades des trois semis)



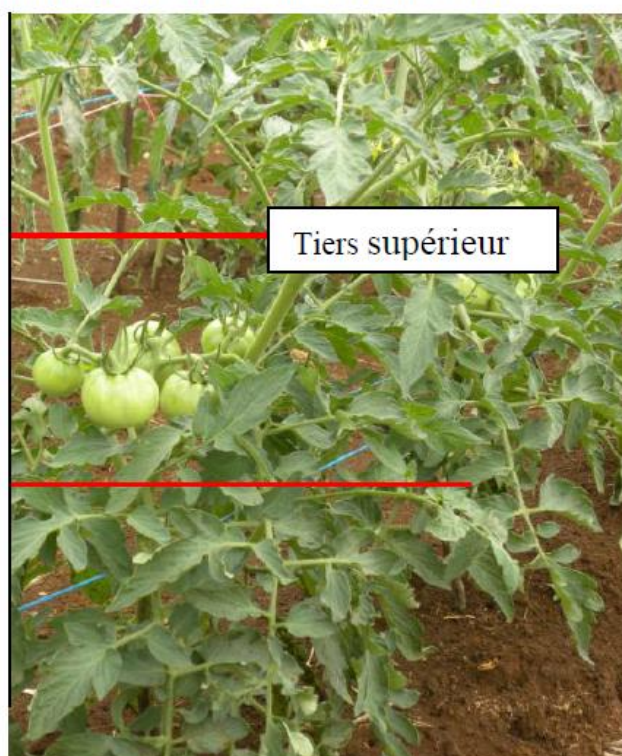
2 : Site de Morne des Esses

Annexe B : Carte géographique de la Martinique

Localisation des sites d'expérimentation



Annexe C : Variété de tomate HEAT MASTER
Plant de tomate HEATMASTER



Résumé

En Martinique, la production de la tomate est confrontée à certains problèmes phytosanitaires, plus particulièrement aux dommages causés par la noctuelle *Helicoverpa zea*. Les dommages qu'elle engendre orientent les producteurs vers l'usage intensif d'insecticides. Cependant la lutte chimique se révèle inefficace. L'objectif de cette étude consiste à évaluer le niveau d'infestation des plants d'une parcelle de tomate par *Helicoverpa zea* en fonction de leurs distances à une bordure de maïs afin d'optimiser la disposition spatiale du maïs comme plante piège afin de réguler les populations de ces ravageurs dans la tomate. Deux parcelles ont été implantées dans deux sites éloignés (sites 1 et 2). Le dispositif a été constitué d'une bordure de maïs placée à côté d'une parcelle de tomate, a été constituée de deux variétés sucrées de cycles différents, plantées en six lignes au cours de trois dates à intervalle de 15 jours. L'infestation représentée par le nombre d'individus qui est constitué d'œufs et de néonates, a été déterminée sur les épis, et dans la parcelle de tomate à des distances de 1,2,3,4,5,6, 7,8,9, 10, 15,20,25,30,25,40,50,60 mètres. Les résultats montrent que dans les parcelles de tomate des deux sites, l'infestation est influencée par l'interaction de la floraison du maïs et de celle de la tomate. Dans le site 1, l'infestation décroît avec la distance, tandis que dans le site 2 la distance n'a aucun effet sur la distribution de l'infestation. De plus la bordure absorbe une partie de l'infestation due à *Helicoverpa zea*.

Ce système à caractère innovant peut servir de base dans la gestion de la noctuelle dans la production de la tomate en Martinique et dans la région caribéenne tout en réduction des pesticides chimiques.

Mots clés : *Helicoverpa zea*, plante piège, infestation, néonates, maïs, tomate, agroécologie, pesticides.

Pour citer cet ouvrage : LOUISSAINT, Andrus Maurice, 2012. Evaluation de la répartition spatiale de l'infestation d'une parcelle de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) par la noctuelle *Helicoverpa zea* (Lepidoptera : Noctuidae) en présence d'une bordure de maïs (*Zea mays*). Mémoire de fin d'études présenté pour l'obtention du Diplôme de Master Agronomie et Agroalimentaire Spécialité : Systèmes et Techniques Innovants pour un Développement Agricole Durable (STIDAD), Parcours : Agronomie et Systèmes de Culture Innovants (ASCI) Montpellier SupAgro. P.39

Montpellier SupAgro, Centre international d'études supérieures en sciences agronomiques de Montpellier, 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier cedex 02. <http://www.supagro.fr>

Lundi soir 6/07/2012